2e ANNÉE N° 24 30 DÉCEMBRE 1891

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

L'AVIATION DE DEMAIN

Toute conception nouvelle, toute invention ou découverte a besoin, pour germer, se développer et porter des fruits, d'un terrain intellectuel convenablement préparé. Faute de ces conditions favorables, l'idée demeure stérile, attendant le moment de sa viabilité. Démocrite entrevoit la théorie atomistique, Lucrèce la doctrine de Darwin; Papin constate la puissance de la vapeur; Volta engendre des courants électriques, et c'est au XIXe siècle seulement que l'évolution intellectuelle fait mûrir ces grandes conceptions venues avant terme. Il n'est donc pas étonnant que l'idée si complexe de l'aviation, basée sur la connaissance exacte du vol des oiseaux, n'ait pu, faute d'un développement scientifique suffisant, d'un outillage et de méthodes d'investigation assez parfaits, entrer daus le domaine de l'étude et être ramenée sur son véritable terrain, celui de la mécanique.

De tous temps cependant, le problème avait séduit l'esprit des chercheurs. Au XVIe siècle, la tradition nous montre Dante de Pérouse se lançant du haut d'une falaise, porté par un châssis tendu d'étoffe et exécutant avec succès, au-dessus du lac Trasimène, la première tentative de planement. Cet essai, qui portait en lui le germe de la solution du problème de l'Aviation et qui aujourd'hui eût été décisif, n'a pourtant laissé de trace que dans la légende.

Nous ne referons pas ici l'historique, suffisamment connu, des différentes idées qui ont été émises pour expliquer le vol des oiseaux, ni des tentatives nombreuses et trop souvent puériles qui ont été faites pour résoudre le problème de la locomotion aérienne; nous nous bornerons à constater que jusqu'aux dernières années de notre siècle, la question n'a pas avancé d'un pas. La découverte de Mongolfier elle-même, loin de constituer un progrès scientifique utile, semble n'avoir servi qu'à égarer les recherches dans une voie qui ne pouvait réserver que des mécomptes. Si cette science de l'Aviation a si peu progressé jusqu'à présent, cela tient en grande partie à ce que les observateurs du vol des oiseaux étaient, pour la plupart, des naturalistes classificateurs, mais nullement des physiciens analysant les causes mécaniques. D'un autre côté, les savants qui, par voie d'expériences, recherchaient les lois de la résistance des fluides, ne s'occupaient guère de la corrélation de leurs travaux avec la question du vol. En outre, l'outillage propre à ce genre d'investigations ainsi que les méthodes scientifiques n'existaient pas, à proprement parler, et ce n'est qu'assez récemment que, grâce aux merveilleux appareils auto-enregistreurs et chronophotographiques dus au savant professeur Marey [1] la Nature a pu être, pour ainsi dire, saisie sur le vif.

Lorsque l'invention des ballons permit à l'homme de s'affranchir en quelque sorte de l'action de la pesanteur, l'opinion publique crut y entrevoir la solution cherchée : on pouvait se soutenir dans l'air; il ne restait plus qu'à se diriger. Nous ne nous attarderons pas à passer en revue les tenta-

1 Voyez, à ce sujet, Marey : La Chronophotographie, dans la *Revue* du 15 novembre 1891, t. II, pag. 689 et suiv.

tives infructueuses qui ont été faites dans ce sens. Il est suffisamment acquis en principe que la propulsion d'un aérostat soulevant un poids déterminé exigerait un travail infiniment supérieur à celui qui serait nécessaire pour faire avancer dans l'air, à la même vitesse, un aéroplane chargé du même poids, et qu'en outre il ne peut exister de ballon capable de résister aux vitesses que comporte la locomotion aérienne, vitesses nécessairement supérieures à celle des courants aériens.

Aussi, vers le milieu de ce siècle, une réaction commença à se produire contre le principe de l'aérostat, et la lutte s'engagea entre le *plus léger* et le *plus lourd* que l'air.

Tandis que les partisans des aérostats, pour la plupart aéronautes de profession, entretenaient la vogue des ballons en frappant l'esprit des masses par des ascensions publiques, les apôtres du *plus lourd que l'air* cherchaient la solution du problème dans l'imitation de la Nature. La question du vol fut remise à l'étude, ainsi que celle de la résistance de l'air; on discuta, on soutint des polémiques sur le sinus simple et le sinus carré comme mesure de la sustention; on élabora différents projets d'appareils volants, qui peuvent se ramener à trois types principaux : l'*Hélicoptère*, l'*Orthoptère* et l'*Aéroplane*.

I

Le premier système, préconisé par le vicomte Ponton d'Amécourt, MM. Lalandelle, Nadar, Forlamini et d'autres, était basé sur l'emploi d'une ou de plusieurs hélices à axes verticaux ou légèrement obliques, actionnées par un moteur convenable; ces hélices devaient servir à soutenir en l'air le poids de l'appareil et à le faire avancer. On construisit de petits jouets à ressort, qui en effet parvenaient à s'enlever pendant un instant. Les partisans du système crurent un moment toucher au but tant désiré. Mais lorsqu'on se rendit compte du travail dépensé pour projeter en l'air ces petites hélices, on comprit bien vite que les moteurs dont on disposait seraient incapables de produire un tel travail pour le poids exigé. En outre, dans l'hélicoptère, l'effort vertical sur l'arbre de l'hélice doit être au moins égal au poids de l'appareil à soulever; or nous verrons plus loin que ce même effort, appliqué à une hélice horizontale, est en état de soutenir et faire avancer un aréoplane chargé d'un poids de 20 à 25 fois plus considérable. L'hélicoptère est donc un système dont le rendement est plus que défectueux; aussi ne compte-il plus aujourd'hui que peu d'adeptes. L'idée de l'hélicoptère se retrouve déjà dans un petit appareil de démonstration, présenté à la fin du siècle dernier à l'Académie française par Launoy et Bienvenu.

Le second type d'aviateur, dit orthoptère, reposait sur l'imitation directe du vol de l'oiseau : il consistait dans l'emploi d'ailes horizontales ou légèrement inclinées, au nombre de deux ou de quatre mises en mouvement par un moteur léger et qui devaient alternativement s'élever et s'abaisser pour soutenir l'appareil dans l'air. L'inclinaison des ailes assurait la propulsion, la queue servait à la direction. Dans les projets primitifs, les ailes étaient disposées de manière à s'ouvrir pendant le relèvement, à la façon des lames d'une persienne, afin de ne pas éprouver de la part de l'air de résistance nuisible; car c'est ainsi qu'on se représentait encore le mécanisme de l'aile de l'oiseau ; on supposait que, pendant le relèvement, les rémiges de l'aile s'écartaient en pivotant sur le champ pour laisser librement passer l'air. Ce n'est que grâce aux remarquables travaux de M. Marey que cette conception, très ancienne d'ailleurs, fut modifiée. Ce savant physiologiste parvint, au moyen d'appareils auto-enregistreurs, à faire inscrire à l'aile même toutes les phases de son mouvement. Il démontra que la pointe de l'aile pendant l'abaissement se porte en avant, et qu'elle recule pendant le relèvement, décrivant ainsi une sorte d'ellipse inclinée de haut en bas et d'arrière en avant. Pendant l'abaissement, la face inférieure de l'aile s'oriente légèrement vers l'arrière, tandis qu'elle se tourne vers l'avant pendant le relèvement. On supposa donc que l'aile, pendant l'abaissement, rencontre de la part de l'air une résistance normale, presque verticale, qui se décompose en deux forces : l'une, de beaucoup la plus considérable, verticale, servant à la sustention; l'autre, moindre, horizontale, donnant la propulsion : pendant le relèvement l'aile coupe l'air par son arête antérieure.

Les partisans de la théorie orthoptère, MM. Hureau de Villeneuve, du Hauvel et d'autres étudièrent des appareils volants à ailes battantes dont les mouvements se rapprochaient le plus possible de ceux observés dans la Nature. On construisit des jouets du même système, très habilement agencés, mus par des caoutchoucs tordus ; ces petits appareils traversaient une salle en voletant, donnant pour ainsi dire raison à la théorie orthoptère.

Cependant, lorsqu'on soumet au calcul la résistance éprouvée par un plan de la dimension de l'aile d'un oiseau, s'abattant dans l'air avec la vitesse réelle observée chez cet oiseau, on arrive à un chiffre de beaucoup inférieur au poids de l'oiseau en question. L'académicien Navier avait déjà fait autrefois ce calcul pour déterminer le travail dépensé par un oiseau : afin d'arriver à une résistance égale au poids de l'oiseau, ce savant fut

obligé d'admettre un nombre de battements et des amplitudes tout à fait invraisemblables; aussi arriva-t-il à trouver qu'une hirondelle, pour se soutenir dans l'air, développait un travail de un dix-septième de cheval-vapeur! On voit que la thermodynamique n'existait pas encore. Plus tard, un autre savant, Babinet, pour la même détermination, a suivi une méthode différente, qui ne laisse pas de surprendre de la part d'un physicien de valeur. Un corps grave, prétendait-il, sous l'influence de la pesanteur, tombe d'une certaine hauteur en une unité de temps: il faudra donc, pour l'empêcher de tomber, lui restituer dans la même unité de temps un travail équivalent à son poids élevé à la hauteur de sa chute. Pour apprécier la valeur de ce raisonnement, il suffit de remarquer que le chiffre auquel on arrive ainsi dépend uniquement du choix de l'unité de temps. On peut encore, par des expériences directes, démontrer l'insuffisance de l'appui normal de l'aile, en faisant osciller un plan de la dimension d'une aile frappant l'air avec la vitesse réelle du battement.

Devant ces calculs et ces expériences qui battaient si violemment en brèche la théorie orthoptère, ses partisans cherchèrent à l'étayer au moyen d'arguments nouveaux. Ils trouvèrent que la résistance du coup d'aile augmentait lorsqu'il avait lieu dans un air immobile, par conséquent dans des couches d'air toujours nouvelles. C'est ce qui, précisément, avait lieu pendant l'avancement de l'oiseau. Déjà, au commencement du siècle, Sir G. Cayley avait formulé cette hypothèse qui portait indirectement en elle le germe de la vérité; venue avant son heure, elle passa inaperçue. Cette conception semblait aussi confirmée par une belle expérience de M. Marey, qui consistait à remorquer un pigeon vivant à l'extrémité d'une potence tournante : les battements des ailes du pigeon, très fréquents lorsque la vitesse du manège était faible, diminuaient à mesure qu'augmentait la vitesse d'entraînement et finissaient même par cesser complètement lorsque le manège tournait à une vitesse suffisante. Une expérience analogue avec des ailes artificielles amène aussi aux mêmes résultats, c'est-à-dire à prouver que la résistance de l'aile battante augmente lorsqu'il y a avancement. On serrait de bien près la vérité, on avait une intuition du phénomène; il ne s'agissait que de le soumettre à l'analyse mécanique.

II

C'est en 1885 que, pour la première fois, fut énoncé d'une façon explicite et développé le principe que l'aile battante se comporte, pendant l'avancement de l'oiseau, à la façon d'un véritable aéroplane [1]. En effet, jusque-là, les mouvements de l'aile avaient été rapportés au corps de l'oiseau immobile dans l'espace; on n'avait guère tenu compte du mouvement de translation du volateur, mouvement dont la vitesse est de beaucoup supérieure à celle du battement même. Si l'on compose les mouvements de l'aile pendant une révolution complète, suivant le schéma indiqué par M. Marey, avec le mouvement de translation du corps de l'oiseau, on constate que la face supérieure de l'aile rencontre toujours l'air, tant pendant l'abaissement que pendant le relèvement, sous un petit angle d'incidence, sensiblement constant; l'aile joue donc le rôle d'un *aéroplane mobile*, tandis que la surface inférieure du corps et la queue servent d'*aéroplane fixe*. Par conséquent, si l'on considère les choses non comme elle nous apparaissent, mais comme elles sont, autrement dit, *si l'on tient compte de l'avancement de l'oiseau*, le système orthoptère revient à celui de l'aéroplane, et les trois types du *plus lourd que l'air* se trouvent ainsi réduits à un seul. Nous verrons par la suite qu'un aéroplane de surface égale à celle d'un oiseau, avançant avec la vitesse observée pour cet oiseau, est parfaitement en état de soutenir dans l'air le poids du volateur; aussi, si les jouets orthoptères construits par MM. Penaud, Hureau de Villeneuve, Tatin, etc., ont volé, c'est que, pareillement aux oiseaux, ils se sont comportés comme de petits aéroplanes mobiles.

Cette conception de l'oiseau aéroplane a l'avantage de faciliter singulièrement l'intelligence du vol, de permettre d'en établir les lois mécaniques et aussi de déterminer à l'avance la voie à suivre pour la solution du problème de l'aviation.

Une fois admis en principe que l'oiseau dans son vol se comporte comme un véritable aéroplane animé, il s'agissait d'étudier au point de vue mécanique l'aéroplane lui-même, d'établir ses conditions de mouvement, d'étudier les rapports des poids supportés, des angles d'incidences, des dimensions des surfaces portantes, des vitesses de translation, du travail nécessaire à la propulsion, de se rendre compte des questions de stabilité, enfin de vérifier si l'observation du vol des oiseaux se trouvait toujours en accord avec les déductions de la théorie aéroplane. Voici la voie qui a été suivie pour cette étude :

Une surface plane avançant horizontalement et

[1] Communication faite le 13 avril 1885 par S. Drzewiecki à la Société Impériale Technique de Saint-Pétersbourg, parue dans les Comptes rendus de la Société; reproduite en français par l'auteur en 1889, à Paris, au Congrès International Aéronautique; publiée dans l'*Aéronaute* de novembre 1889, et en brochure sous le titre : *Les Oiseaux considérés comme des aéroplanes animés*, brochure analysée dans cette *Revue*, tome II, page 435. (Note de la Rédaction.)

rencontrant l'air sous une certaine incidence éprouve de la part de cet air une résistance normale au plan; la résistance est fonction de la dimension de la surface, de la vitesse d'avancement et de l'angle sous lequel l'air vient frapper le plan; elle peut se décomposer en deux autres forces : l'une verticale, opposée à la direction de la pesanteur (sustention); l'autre horizontale, opposée à la direction du mouvement (résistance à l'avancement). Ces deux composantes se déduisent facilement de la résistance normale par le principe de la composition des forces. Malheureusement nous ne possédons encore que fort peu de données exactes sur la résistance des fluides aux plans obliques; les formules théoriques, telles que celle de Newton, par exemple, sont loin d'être conformes à la réalité, et les expériences directes sont trop peu nombreuses pour autoriser des déductions rigoureuses. Cependant on doit à quelques habiles investigateurs, particulièrement au colonel Duchemin, des formules empiriques, établies sur les résultats d'expériences qui permettent de calculer, avec une approximation suffisante, la résistance que l'air oppose à un plan oblique en mouvement. C'est par ce moyen qu'on a pu calculer une série de valeurs de la charge que peut soulever un mètre carré de surface plane avançant horizontalement dans l'air à différentes vitesses et avec incidences variables. Dans ces mêmes conditions de vitesse et d'incidence, on a calculé aussi le travail nécessaire pour la propulsion de cette surface d'un mètre carré; pour cela peuvent servir d'autres formules empiriques qui déterminent les différents éléments de la résistance nuisible éprouvée par le plan, tels que ceux dus aux frottements, à la forme de l'appareil, à son inclinaison, etc. En comparant les deux tableaux dressés sur la base de ces calculs pour des conditions identiques de mouvement, on trouve que le *maximum de sustention pour le minimum de travail dépensé correspond toujours à un angle d'incidence constant* voisin de 2°, plus exactement 1°,50' 45''. Cet intéressant résultat porte à croire que les oiseaux, en tant qu'aéroplanes, règlent toujours leur incidence de façon à profiter de cette loi, et, dans l'étude des aviateurs aéroplanes, c'est cette incidence la plus favorable qu'il faut avoir en vue. Par conséquent, si dans les équations qui donnent la valeur de la sustention et du travail nécessaire à la propulsion d'un mètre carré en fonction de la vitesse et de l'incidence, on remplace cette incidence variable par sa valeur optima, on obtient en fonction de la vitesse seulement, les expressions de la sustention et du travail. On peut calculer ainsi : le poids que peut porter un mètre carré d'aéroplane avançant horizontalement dans l'air sous l'incidence optima et à une vitesse déterminée (appelée *vitesse normale*), le travail nécessaire pour propulser ce mètre carré d'aéroplane et aussi la surface nécessaire pour porter un kilogramme de charge, ainsi que le travail dépensé à cet effet toujours dans les mêmes conditions d'incidence et de vitesse. Ces quatre équations, donnant les valeurs indiquées en fonction de la vitesse normale, permettent de calculer cette vitesse lorsqu'on attribue une valeur quelconque à l'une des quatre autres inconnues, et de cette façon tous les éléments du problème deviennent déterminés.

Ces lois fondamentales de l'aviation aéroplane nous amènent aux conclusions suivantes :

1° La sustention du volateur aéroplane est la conséquence directe de son avancement en tant que composante verticale de la résistance normale éprouvée par le plan rencontrant l'air sous une petite incidence ;

2° Tout le travail dépensé par le volateur est utilisé directement pour sa propulsion horizontale ;

3° Le minimum de travail donnant le maximum de sustention correspond au cas où l'aéroplane fait avec la direction du mouvement un angle d'incidence constant un peu inférieur à 2° ;

4° Dans ces conditions d'incidence optima, afin que la translation reste horizontale, il faut que chaque volateur possède une vitesse propre, *vitesse normale*, dépendante de la charge relative de l'aéroplane; de sorte que les volateurs plus lourds doivent, pour se soutenir, avancer plus vite que les volateurs moins chargés ;

5° Le travail dépensé par la propulsion est directement proportionnel à la vitesse normale et au poids du volateur. Il en résulte que, pour la vitesse normale et l'incidence optima, la résistance à l'avancement, par unité de poids porté, est une constante; elle est de 4 à 5 0/0 du poids de l'aéroplane. Un kilogramme d'effort horizontal permettra donc de supporter 20 à 25 kilos de charge.

III

Ces lois fondamentales avec toutes leurs déductions sont absolument applicables au vol des oiseaux. Il est incontestable, par exemple, qu'un oiseau ne peut se soutenir dans l'air qu'à la condition d'avancer. Pour un oiseau en plein vol, l'incidence constante de son corps et de ses ailes est tellement faible qu'on serait tenté de supposer l'oiseau parfaitement horizontal. En tant qu'aéroplane, l'oiseau aurait avantage à tenir ses ailes immobiles et constamment étendues; s'il est obligé, dans le vol ramé, de battre des ailes, c'est que ces organes lui servent en même temps de propulseurs. La propulsion est due en partie à la petite composante horizontale de la résistante de l'air, normale

à l'aile, qui, ainsi que l'a démontré M. Marey, pendant l'abaissement tourne vers l'arrière sa face inférieure; mais cette composante seule serait probablement insuffisante à la propulsion, d'autant plus que pendant le relèvement elle est dirigée dans le sens opposé, et par conséquent devient une résistance à l'avancement. Aussi faut-il chercher le vrai propulseur de l'oiseau dans les extrémités flexibles des grandes rémiges de l'aile, qui agissent à la façon d'hélices flexibles. Ce voile élastique de l'aile joue en aviation un rôle très important. L'observation nous apprend que chaque espèce d'oiseau possède une vitesse propre de translation (vitesse normale); qu'elle est plus considérable chez les espèces lourdes et moindre chez celles qui sont munies de grandes voilures. Ainsi un canard qui porte jusqu'à 11 kilos par mètre carré de surface est-il obligé, pour se soutenir, de voler à une vitesse bien supérieure à celle de l'hirondelle ou l'alouette, dont la charge par mètre carré ne dépasse guère 1,5 kilogr. Lorsqu'un oiseau, l'hirondelle ou le pigeon, par exemple, désire accélérer son allure, il diminue sa voilure, en ployant à demi les ailes et serrant la queue qui joue le rôle, non de gouvernail, comme on l'a cru longtemps, mais bien de voile supplémentaire. La vitesse est indispensable à l'oiseau pour s'enlever de terre; aussi voyons-nous les oiseaux à l'essor acquérir cette vitesse soit par une chute d'un endroit plus élevé, soit par la course ou le saut; faute de vitesse suffisante l'oiseau ne peut pas s'enlever; cette particularité est bien connue des chasseurs. Lorsqu'un oiseau à l'essor n'a pas encore atteint la vitesse normale, on le voit augmenter sa voilure à outrance, déployer ses ailes à la dernière limite de leur mesure et étaler sa queue en éventail; lorsqu'au contraire il est arrivé à sa vitesse nécessaire, les ailes reviennent à leur déploiement moyen et la queue se referme. Si l'on calcule, d'après la théorie aéroplane, le travail nécessaire à l'oiseau pour sa propulsion, on trouve qu'il n'excède en rien le travail musculaire moyen des autres animaux par unité de poids de muscle. Au lieu de trouver, comme Navier pour la théorie orthoptère, qu'une hirondelle dépense un dix-septième de cheval-vapeur, on arrive à établir que le kilogramme de muscles pectoraux d'un oiseau, qui représente environ un sixième du poids total, doit produire un travail de 5 à 6 kilogrammètres, ce qui ramène à 15 kilos environ le poids du cheval-vapeur. C'est à peu près le travail normal des muscles de la plupart des animaux; c'est aussi le chiffre que donne la mesure directe de la force des pectoraux chez les oiseaux, chiffre confirmé par les expériences thermodynamiques. Nous ne nous attarderons pas ici à multiplier les exemples qui serviraient à démontrer la parfaite concordance de la théorie aréoplane avec tous les phénomènes observés dans le vol, soit ramé, soit plané, ces deux modes de locomotion ne se distinguant d'ailleurs que par la propulsion, qui est active dans le premier, tandis que dans le second elle devient passive, c'est-à-dire qu'elle se produit aux dépens de la chute constante de l'oiseau dans l'air; nous nous bornerons à constater qu'il n'y a pas un mouvement, pas une manœuvre exécutée par l'oiseau qui ne trouve son explication rationnelle dans la théorie aéroplane[1].

IV

Il est encore un point très important dans la question du vol, c'est celui de la stabilité ou de l'équilibre dynamique de l'aéroplane. Les lois mêmes de la résistance de l'air se sont chargées de donner une solution simple à ce problème qui, à première vue, semble si difficile à résoudre. Avanzani avait déjà observé que, dans un plan exposé obliquement au choc d'un fluide en mouvement, la position du centre de pression dépendait de l'angle d'incidence du plan. Joëssel a établi, par des expériences directes, la loi de ce déplacement. Il a démontré qu'à 90° le centre de pression coïncide avec le centre de figure du plan, et qu'à mesure que le plan s'incline dans le courant fluide, ce point avance, suivant une loi mathématique (équation du limaçon de Pascal), jusqu'à une limite qui se trouve placée à un cinquième de la longueur du plan à partir de son arête antérieure. Cette remarquable loi du déplacement du centre de pression en fonction de l'incidence suffit au maintien automatique de l'équilibre longitudinal des aréoplanes. En effet, prenons un aréoplane dont l'équilibre dynamique est réglé pour l'incidence optima, par exemple; cela veut dire qu'à cette incidence les centres de gravité et de pression se trouvent sur la même verticale; supposons que, pour une cause quelconque, l'incidence vienne à augmenter : aussitôt, en vertu de la loi de Joëssel, le centre de pression se portera en arrière, tandis que le centre de gravité conservera son ancienne position : il se produira par conséquent un couple de forces tendant à diminuer l'incidence, qui décroîtra jusqu'au moment où les deux centres viendront de nouveau à coïncider. L'inverse aura lieu si l'incidence venait à diminuer : la stabilité de l'appareil sera donc par ce moyen automatiquement assurée. Les oiseaux, dans toutes leurs évolutions, se conforment inconsciemment à cette

[1] Pour plus de détails à ce sujet, voir la brochure déjà citée, « *Les Oiseaux considérés*, etc. ... et aussi, du même auteur, *Le Vol plané*. Librairie E. Bernard et Cie, Paris, 1891

loi; par l'avancement ou le recul des pointes de leurs ailes, ils déplacent leur centre de voilure qui, à l'incidence optima, coïncide avec leur centre de gravité, situé pour cette raison, pendant le vol, à la partie antérieure de leur corps.

En ajoutant cette dernière loi de stabilité aux lois ci-dessus déduites pour les aréoplanes, on a un ensemble complet, qui permet, dès maintenant, de déterminer avec une approximation, peut-être assez grossière encore, mais déjà suffisante en principe, toutes les conditions du mouvement des aréoplanes; cela donne la possibilité de nous former une idée générale du phénomène du vol et de tenter la réalisation pratique d'appareils aviateurs.

V

Quant à l'étude plus précise de ces lois mécaniques dans tous leurs détails avec toute la rigueur scientifique, les méthodes d'investigation et l'outillage dont dispose la science contemporaine nous permettront certainement, avant peu, de connaître l'aérodynamique aussi parfaitement que les autres branches de la mécanique. A cet effet, deux méthodes s'offrent à nous. La première consiste à rechercher expérimentalement les conditions du planement artificiel avec propulsion active; la seconde, à étudier le mouvement d'appareils planeurs à propulsion passive. Ces deux méthodes sont du reste déjà en voie d'application.

Le professeur Langley, de Washington, a entrepris depuis quelque temps une série d'expériences basées sur la première méthode. A l'extrémité d'un bras de manège tournant, de 10 mètres de longueur, il remorquait des plans minces de dimensions variables, maintenus sous des incidences différentes et diversement chargés; au moyen d'un moteur à vapeur, il augmentait la vitesse de rotation du bras tournant, jusqu'à ce que la résistance de l'air rencontré par le plan oblique arrivât à soutenir ce plan; il enregistrait la vitesse nécessaire atteinte, ainsi que les indications correspondantes d'un dynamomètre de traction, qui mesurait l'effort horizontal exercé à la vitesse normale. En multipliant cet effort par la vitesse, on obtient le travail nécessaire à la propulsion. Les tableaux dressés ainsi par le savant américain diffèrent, il est vrai, un peu des tableaux calculés d'après la théorie aéroplane, pour des angles dépassant 2°; mais, précisément pour cette incidence optima, la plus intéressante en aviation, la concordance des résultats est absolue; cette concordance est d'une importance capitale, car elle est une éclatante confirmation de la théorie aéroplane qui n'est qu'une déduction rigoureuse de ces données premières.

A Londres, M. H. Maxim a refait des expériences analogues, en communiquant le mouvement au bras tournant au moyen d'hélices mues par un petit moteur électrique dont il mesurait le travail; cette méthode lui permettait d'étudier, du même coup, les rendements de différents types d'hélices. Les résultats des expériences de M. Maxim, peu connues encore, paraissent concorder aussi avec ceux de M. Langley.

A Berlin, M. Lilienthal a cherché à mesurer directement les deux composantes de la résistance qu'éprouvaient des surfaces concaves rencontrant l'air en mouvement à une vitesse déterminée. Il a trouvé que pour des surfaces courbes dont la forme se rapprochait de celle de l'aile d'un oiseau, la composante de sustention n'était pas verticale lorsque le mouvement était horizontal, mais qu'elle était déviée de plusieurs degrés vers l'avant. Cette observation, qui exigerait toutefois une plus rigoureuse vérification, pourrait avoir des conséquences importantes pour l'aviation.

La seconde méthode pour l'étude des lois des aéroplanes consiste dans l'application de la chronophotographie à l'enregistrement des positions successives de petits appareils planeurs, convenablement réglés, glissant sur l'air devant un écran quadrillé. Cette merveilleuse méthode d'investigation, créée et perfectionnée par le professeur Marey [1], permet de mesurer à tous les moments de la descente des petits planeurs, dont les surfaces et les poids sont connus, les vitesses, les accélérations, les incidences, la forme de la trajectoire, en un mot toutes les conditions du mouvement, et par là déterminer les forces agissantes sur le système, les réactions, les résistances, les coefficients, etc., en un mot tous les éléments d'un problème purement mécanique; ces éléments, soumis au calcul, permettront d'en poser les équations différentielles.

Ce qui contribuera surtout à faciliter ces recherches et à les rendre fructueuses, c'est qu'elles ne seront, pour ainsi dire, que la vérification expérimentale d'une théorie établie : on pourra donc isoler les phénomènes, les étudier un à un, et on arrivera sans nul doute, dans un très bref délai, à constituer ainsi une science complète et rigoureuse de l'aviation, science qui, hier encore, paraissait chimérique.

VI

Connaissant, dès aujourd'hui, dans ses traits généraux, la manière dont la Nature a résolu, pour les oiseaux, le problème du vol, s'ensuit-il que

[3] Voyez à ce sujet l'article de M. Marey dans la *Revue* du 15 novembre, tome II, pages 589 et suivantes.

l'homme, dans ses essais d'application des mêmes lois mécaniques à l'aviation, doive aveuglément imiter la Nature? Certainement non. Et voici pourquoi.

Chez l'oiseau, la Nature a réuni en un seul et même organe deux fonctions distinctes. L'aile, cet appareil merveilleux de simplicité, est en même temps un aéroplane de surface, de position, d'inclinaison variables à volonté et aussi un propulseur, d'énergie modifiable; de plus, à un moment donné, lorsque l'oiseau se trouve dans la nécessité de descendre à terre, l'aile se ploie complètement et ne gêne en rien les fonctions de l'animal. Si ces différentes conditions sont, chez l'oiseau, réunies en un seul organe, c'est principalement à cause de l'harmonie générale qui règle le nombre des membres chez les Vertébrés, nombre qui reste constant malgré les modifications apportées à leur forme et à leur fonctionnement par l'évolution des espèces.

D'un autre côté, le mouvement alternatif des ailes, qui, pour de petits organes, est d'un rendement assez avantageux, devient très défectueux lorsqu'il s'agit de dimensions considérables et de masses importantes. Aussi la Nature ne pouvant pas réaliser d'organes à mouvement continu circulaire, à cause de l'isolement nécessaire de ces organes, isolement qui les priverait de leurs liaisons indispensables à la nutrition, se trouve-t-elle arrêtée pour la création de grands types de volateurs; c'est pourquoi nous voyons les grands oiseaux avoir presque exclusivement recours au vol plané et au vol à voiles, ces moyens de locomotion n'exigeant pas de propulsion active, par conséquent pas de mouvement alternatif des grandes ailes de ces volateurs, et lorsque ces oiseaux se trouvent dans la nécessité, tout à fait exceptionnelle, d'exécuter quelques battements, ce travail semble leur coûter un très grand effort.

Un appareil aviateur, d'un poids important, devra évidemment être soutenu par une surface aéroplane, de dimensions considérables; il ne sera donc pas rationnel de faire servir aussi cette surface comme propulseur, en l'animant d'un mouvement alternatif; le rendement d'un pareil système serait certainement très faible, à cause de la grande inertie des masses en mouvement; cette disposition, en outre, exigerait un mécanisme compliqué, une construction beaucoup plus solide et, par conséquent, un poids mort plus considérable. Il sera beaucoup plus avantageux, sous tous les rapports, d'établir un propulseur séparé, à mouvement continu, sous forme d'hélices, par exemple. Le mouvement des plans sustenteurs mêmes aurait encore un grave inconvénient, celui de faire varier constamment la position relative des centres de gravité et de pression, ce qui irait au détriment de la stabilité. Chez les oiseaux, cette variation est constamment réglée, d'une façon réflexe, par le système nerveux; tandis que pour un aviateur, il faudrait des appareils automatiques très compliqués, extrêmement sensibles et qui n'arriveraient jamais à la perfection du merveilleux régulateur nerveux de l'oiseau.

Avec un plan sustenteur immobile, au contraire, et des hélices propulsives indépendantes, la position relative des centres est parfaitement fixe, une fois l'appareil réglé à une incidence déterminée, et la stabilité est assurée.

Ces considérations permettent de préjuger du type unique d'appareil aviateur appelé à résoudre pratiquement le problème de la locomotion aérienne.

Il devra se composer d'une surface aéroplane légèrement inclinée, semblable aux ailes étendues d'un grand planeur; il sera monté sur un bâti à roues, ce qui lui permettra d'acquérir en roulant par terre la vitesse nécessaire pour s'enlever; un moteur suffisamment léger actionnera ses hélices propulsives, qui entretiendront dans l'air la vitesse normale de l'appareil, nécessaire à la sustention; les déplacements du centre de gravité détermineront les différentes évolutions de l'aviateur. Le rapport du poids à la surface réglera la vitesse normale et le travail nécessaire à la propulsion horizontale.

Telles sont, en traits généraux, les conditions auxquelles devra se conformer l'aviateur de demain.

Ces conditions sont, dès aujourd'hui, réalisables. Grâce à la théorie aéroplane, nous connaissons suffisamment les lois qui déterminent les divers éléments mécaniques de l'appareil. Nous possédons aussi les matériaux nécessaires à sa construction : l'acier creux, l'aluminium, les bois légers, le bambou, la soie, matériaux dont les conditions de résistance sont parfaitement calculables.

On a déjà construit des moteurs à vapeur légers, pouvant produire, à poids égal, un travail double de celui des muscles pectoraux des oiseaux. Avec les hydrocarbures qui, sous un faible poids, emmagasinent une énergie considérable, nous pouvons concevoir des moteurs plus légers encore. Que demain le besoin s'en fasse sentir, et sans nul doute l'industrie moderne sera en état d'élaborer des types de machines dans les conditions demandées.

Enfin, la question de l'aviation a acquis aujourd'hui une position scientifique sérieuse. Des savants d'une haute valeur lui ont fait franchir le seuil des académies. Il se trouvera certainement des esprits éclairés qui tiendront à honneur d'apporter à la solution pratique du grand problème l'appui si

indispensable du capital, et d'attacher ainsi leur nom à l'une des plus glorieuses conquêtes du génie humain.

La question est mûre aujourd'hui; dans quelques années, dans quelques mois peut-être, elle sera pratiquement résolue. De toutes parts on y travaille ardemment. En Amérique, pendant que les remarquables expériences du Pr Langley se poursuivent à Washington, secondées par des capitaux considérables, à Chicago l'éminent ingénieur O. Chanute fait avancer la question au point de vue théorique. En Angleterre, M. H. Maxim, l'inventeur bien connu, aidé d'une puissante commandite, à la suite d'expériences analogues à celles du Pr Langley, construit en ce moment un appareil aéroplane de grandes dimensions, mu par un moteur à vapeur de 300 chevaux. A Berlin, les travaux de Lilienthal semblent devoir prochainement recevoir une consécration pratique, grâce à l'appui d'un groupe financier.

La France, qui peut à juste titre être regardée comme le berceau de l'aviation, a toujours tenu la tête de ce mouvement scientifique. Est-ce à elle que reviendra, dans ce grand concours international, l'honneur de résoudre un problème qu'elle a tant contribué à avancer, et d'inaugurer, avec la fin de ce XIXe siècle, si fécond en grandes découvertes, une ère nouvelle dans les annales de l'humanité?

S. Drzewiecki.

L'ÉLECTROMÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM

Les applications de l'électrolyse par fusion ignée avaient été limitées jusqu'à ce jour aux recherches de Davy sur la constitution des oxydes alcalins et alcalino-terreux, à celles de Bunsen sur la production des métaux alcalino-terreux et du magnésium, aux travaux d'Henry Sainte-Claire-Deville sur le chlorure double d'aluminium et de sodium; à ceux de MM. Mathiessen et Troost sur la production du lithium, à l'étude de M. Moissan sur la production du fluor.

Ce genre d'électrolyse n'était, en réalité, utilisé que dans les recherches purement spéculatives; j'ai voulu en faire le point de départ d'une série d'applications de l'Electricité à la Chimie.

Suivant cet ordre d'idées, l'électrolyse par fusion ignée des sels halogéniques d'aluminium, était tout indiquée, en ce sens que sa réalisation devait fixer un double progrès : la solution d'un problème général, susceptible d'applications nombreuses, et la production facile d'un métal qui, considéré pendant longtemps comme le métal de l'avenir, est devenu le métal du présent.

J'ai cherché à déterminer également les meilleures conditions de *marche* de l'électrolyse des sels à l'état fondu, conditions qui se rapportent tout à la fois : à la *masse* du bain, à sa *température*, sa *fluidité*, sa *densité*, son *inaltérabilité*, sa *fixité* ; aux dimensions des électrodes (anode et cathode); à celles de la cuve qui contient le bain; enfin à la nature même des organes qui constituent l'appareil électrolytique.

Ces résultats divers n'ont pu être atteints que par la création d'un outillage spécial et nouveau. J'ai pu également établir la théorie du phénomène étudié et l'expression mathématique qui lie entre elles les constantes du courant et celles de l'électrolyte.

I

Choix de l'électrolyte ; ses propriétés physiques ; sa régénération. — Il y a deux genres de sels d'aluminium qui peuvent s'électrolyser à l'état fondu : les sels *halogéniques*, c'est-à-dire ceux où le radical acide est un halogène (chlore, brome, iode, fluor); les oxysels ou sels doubles constitués par de l'oxyde d'aluminium, combiné ou mélangé avec un sel halogénique d'aluminium : oxyfluorures, oxychlorures, etc.; et peut-être les sulfures.

Henry Sainte-Claire-Deville avait étudié plus spécialement les chlorures anhydres d'aluminium, et obtenu de petites quantités de métal; il interrompit ses essais et donna la préférence, pour la production industrielle de l'aluminium, au procédé chimique; il est juste de dire que ce savant ne disposait pas, à l'époque de ses recherches (1854), des puissantes sources d'électricité que nous possédons actuellement.

Nous avons repris, au commencement de l'année 1887, les expériences d'Henry Sainte-Claire-Deville et nous avons plus particulièrement étudié les chlorures et les fluorures d'aluminium.

A l'état de sel simple, le fluorure d'aluminium n'est fusible qu'à une température élevée (800°) et son point de fusion est très voisin de son point de volatilisation; c'est-à-dire qu'il passe directement de l'état solide à l'état gazeux, sans prendre l'état liquide. Le chlorure d'aluminium possède la même propriété, mais à une température beaucoup plus basse (185°).

Or, pour que l'action électrolytique se produise

normalement et se continue avec une marche régulière, il est *essentiel* que l'électrolyte se présente dans un état particulier de *fluidité*, le plus voisin possible de celui d'un sel en dissolution ; il était difficile d'atteindre cet état avec les sels simples d'aluminium, étant donnée la manière dont ils se comportent à la chaleur.

On a songé à les combiner avec le sel d'un autre métal plus électro-positif, le sodium par exemple, à former ainsi un sel double, et, en plus, à mélanger ce dernier avec un excès d'un sel de sodium, ayant le même radical acide ou un radical acide différent.

Nous avons essayé successivement les mélanges suivants :

1er MÉLANGE

Chlorure double d'aluminium et de sodium.....	40 parties
Chlorure de sodium..............................	60 parties

2e MÉLANGE

Fluorure double d'aluminium et de sodium......	40 parties
Chlorure de sodium..............................	60 parties

Le chlorure double d'aluminium et de sodium, même lorsqu'il est mélangé avec un excès de chlorure de sodium, est encore trop volatil et trop instable ; il donne naissance, pendant tout le temps qu'il est maintenu à l'état fondu, à d'abondantes vapeurs ; il est du reste très corrosif et d'un maniement difficile.

Le bain électrolytique, à base de chlorure d'aluminium, en raison de l'extrême volatilité de ce sel à la température de l'opération, s'appauvrit rapidement ; il devient pâteux lorsqu'il ne renferme plus que de faibles proportions de chlorure d'aluminium, à moins qu'on atteigne la température de fusion du sel marin ; à ce moment il ne reste plus dans le bain que des traces de sels d'aluminium ; il est difficile de réaliser dans ces conditions une électrolyse régulière et surtout de longue durée.

Le bain, à base de fluorure d'aluminium, donne de meilleurs résultats : le mélange des deux sels qui le forment, répond à la formule chimique : $6\ NaCl + Al^2\ Fl^3,\ 3\ NaFl$, exprimée en équivalents. Point de fusion : 675°. Point d'émission de vapeurs : 1.056°. Densité à 829° : 1,76. Coefficient de dilatation à l'état fondu : $5 \times \overline{10}^4$. Conductibilité électrique à 870° : 3,1.

La conductibilité électrique C peut se calculer en fonction de la température au moyen de la relation :

$$C_t = 3{,}1\ [1 + 0{,}0022\ (t - 870°)].$$

Pour un courant d'une intensité de 1.200 ampères, la masse du bain, nécessaire et suffisante, est représentée par un poids de 20 kilogrammes de matière.

A 800°, sa fluidité est assez grande pour que l'électrolyse s'opère normalement ; sa volatilité assez faible pour qu'il ne se perde, en 24 heures, pas plus des $\frac{5}{100}$ de sa masse totale.

Régénération du bain. — Au passage du courant électrique, le fluorure d'aluminium se décompose ; l'aluminium se porte au pôle négatif, et en même temps sont mis en liberté, au pôle positif, du fluor qui se dégage dans l'atmosphère et du fluorure de sodium qui reste dans le bain. Si l'alimentation s'opérait avec de la *cryolithe* seule (fluorure double d'aluminium et de sodium), le bain s'enrichirait de fluorure de sodium et l'on serait vite arrêté à cause de l'excès de ce sel, ou bien l'on produirait du sodium au lieu d'aluminium.

On peut éviter cet inconvénient de deux façons.

(α) *Régénération du bain par le fluorure d'aluminium.* — Cette méthode était tout indiquée. Il suffit, en effet, de verser dans le bain, au fur et à mesure de la décomposition du fluorure d'aluminium, des quantités équivalentes de ce sel qui se combinent aussitôt avec le fluorure de sodium devenu libre, pour maintenir rigoureusement constante, pendant toute la durée de l'opération, la composition du bain.

(β) *Régénération du bain par l'oxyde d'aluminium ou alumine.* — Qu'arrive-t-il si, au lieu de fluorure d'aluminium, on ajoute dans le bain de l'alumine, à l'état de poudre fine, en ayant soin de verser cet oxyde au voisinage de l'électrode positive ?

Première hypothèse. — L'alumine se dissout dans le fluorure de sodium libre ou dans la masse du bain et s'électrolyse en même temps que le fluorure d'aluminium. Elle peut former également, avec ce dernier sel, un oxyfluorure qui se dissoudrait dans le fluorure de sodium en excès ou dans la cryolithe qui est toute formée dans le bain.

Les résultats de l'expérience ne seraient pas conformes à cette première hypothèse.

Seconde hypothèse. — Au contact du fluor, qui est mis en liberté à l'électrode positive, l'alumine se transforme en fluorure d'aluminium :

$$Al^2O^3 + 3Fl = Al^2Fl^3 + O^3.$$

qui se combinerait avec le fluorure de sodium libre.

C'est l'hypothèse que nous avons adoptée et qui du reste peut se vérifier par l'expérience. En fait, comme le fluor qui se dégage n'est pas complètement absorbé par l'alumine, il est nécessaire d'ajouter, en même temps que cet oxyde, des proportions de fluorure d'aluminium équivalentes au fluor perdu.

Voici la formule du mélange de sels employé à l'usine de Creil pour l'alimentation, et avec lequel on obtient de très bons résultats :

Alumine en partie desséchée 6 (Al^2O^3, 2 HO)
Fluorure d'aluminium et de sodium Al^2Fl^3, 3 Na Fl
Oxyfluorure d'aluminium Al^2Fl^3, 3 Al^2O^3

Pendant tout le temps de l'expérience, le niveau du bain est maintenu constant par l'addition d'un mélange de chlorure de sodium et de fluorure double d'aluminium et de sodium aux proportions indiquées plus haut.

II

NATURE ET DIMENSIONS DU VASE QUI CONTIENT L'ÉLECTROLYTE; NATURE ET DIMENSION DES ÉLECTRODES. — Un électrolyte étant donné, il fallait établir un vase et des électrodes qui satisfissent à certaines conditions.

La *cuve* ou vase qui renferme l'électrolyte doit être inattaquable par les sels en fusion; outre qu'une détérioration nuirait à la constance du bain en y apportant des éléments étrangers, la cuve de ce fait serait rapidement mise hors d'usage.

Or, aucune substance, hormis le charbon, ne résiste à l'action corrosive des fluorures fondus.

Le problème, ainsi posé, a été résolu de deux façons.

On a adopté, en premier lieu, une cuve métallique (fonte) ayant la forme d'un parallélipipède, dont les arêtes présentaient une longueur variant entre 20 et 40 centimètres, suivant l'intensité du courant lancé dans l'électrolyte, intensité qui dans les premières expériences a varié entre 89 et 1.500 ampères.

Cette cuve, quelle que soit le métal qui la constitue, serait invariablement attaquée par le bain, sans l'artifice physique que représente la figure 1.

La cuve V est, revêtue d'une garniture en maçonnerie MM qui la protège contre l'action des gaz chauds qui l'enveloppent.

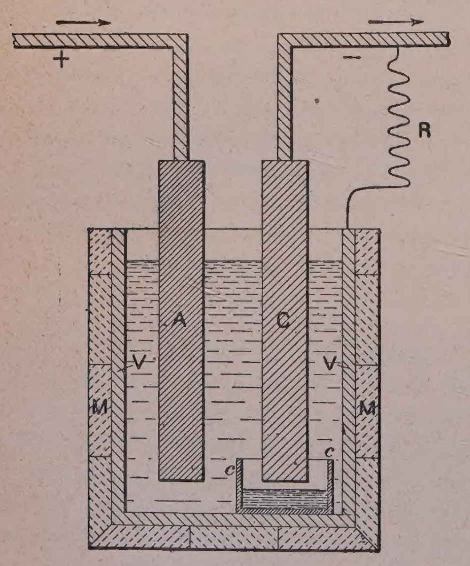


Fig. 1.

Les électrodes (A, positive ou anode ; D, négative ou cathode) sont constituées de charbon aggloméré dont la composition est analogue à celle des charbons à lumière.

Immédiatement sous la cathode, est disposé un petit creuset *cc*, qui reçoit le métal fondu au fur et à mesure que celui-ci se dépose.

La cuve est établie en dérivation sur l'électrode négative, par l'intermédiaire d'une résistance R, dont la valeur est calculée de façon qu'il ne s'échappe par la cuve que les $\frac{5}{100}$ du courant total. Par suite les $\frac{95}{100}$ du courant total, qui traversent la cathode , agissent utilement pour l'électrolyse.

Grâce à cet artifice, les parois intérieures de la cuve *sont continuellement recouvertes d'une couche d'aluminium très mince, qui les protège contre l'action corrosive du bain* ; en fait, l'aluminium reçu dans le creuset *cc* ne renferme que des proportions très faibles du métal de la cuve, proportions variant entre $\frac{2}{1000}$ et $\frac{5}{1000}$.

La figure 2 représente une autre disposition.

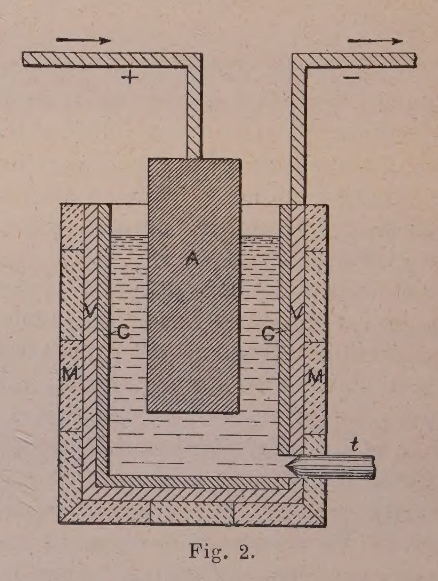


Fig. 2.

L'anode occupe le milieu du bain ; la cuve elle-même sert de cathode ; elle a la forme d'un parallélipipède et elle est en fonte; un trou de coulée (vers *t*) est ménagé à la partie inférieure du vase, par lequel s'écoule le métal.

Lorsqu'on désire produire de l'aluminium pur, la cuve reçoit intérieurement une garniture de charbon aggloméré CC. Si au contraire l'aluminium doit entrer ultérieurement dans un alliage dont le métal de la cuve est une des parties constituantes de cet alliage, la garniture CC peut être supprimée.

III

MARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTROLYSE PAR FUSION IGNÉE. — Le tableau suivant (tableau 1) témoigne de la régularité de l'opération :

Tableau 1.

DATE	DURÉE	INTENSITÉ DU COURANT	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL AUX ÉLECTRODES	POIDS DU MÉTAL DÉPOSÉ
1887	heures	amp.	volts	gr.
7 mai	15	89	5.5	200
8 juin	12	124	5.5	320
13 juillet	14	90	4.0	260
25 juillet	24	113	4.5	570
30 octobre	12	200	4.25	520
26 novembre	12	142	4.75	380
10 décembre	12	160	5.75	420
1888				
27 janvier	12	110	5.0	270
4 février	13	180	6.0	500
24 mars	12	255	5.5	600
4 août	12	360	6.0	1000
1889				
23 juillet	22	650	5.8	2430
24 juillet	22	650	5.8	2559
20 septembre	20	700	5.6	2600
10 octobre	20	700	5.6	2600
20 novembre	20	800	5.6	2800
1890				
7 février	7	1200	6.35	1680
2 mars	7.1/2	1330	6.00	1850
10 décembre	22	1500	4.55	6500

On remarque, en effet, que bien que l'intensité du courant ait varié dans de grandes proportions, puisqu'elle partait d'un minimum égal à 89 ampères et atteignait un maximum de 1500 ampères, abstraction faite du courant dérivé sur la cuve, la différence de potentiel aux électrodes restait sensiblement constante.

Ce résultat a été obtenu en augmentant la surface des électrodes proportionnellement à l'intensité, c'est-à-dire en maintenant constante la *densité* [1] du courant.

Et, remarque importante, chaque fois qu'on se départait de cette précaution, la marche du phénomène devenait irrégulière et ne pouvait être exprimée par aucune expression mathématique.

Le point qui correspond au 10 décembre 1890 a été obtenu avec une cuve, garnie de charbon intérieurement et servant de cathode (fig. 2); les autres chiffres d'expérience se rapportent à une cuve établie en dérivation (fig. 1).

Expression mathématique du phénomène électrolytique en fonction des constantes du courant. Lorsqu'on opère l'électrolyse d'un sel en dissolution avec des intensités de courant aux électrodes croissantes, et que la résistance de l'électrolyte reste invariable, les constantes électriques satisfont à l'équation :

$$\varepsilon = e + \rho I \qquad (1)$$

ε n'est autre chose que la différence de potentiel aux électrodes,

ρ la résistance de l'électrolyte,

e la force électromotrice de décomposition,

I l'intensité du courant.

L'expérience démontre que l'électrolyse par fusion ignée suit la même loi. Pour tous les points de l'expérience, en effet, qui correspondent à des densités de courant inférieures à 2,5 ampères pour la cathode et à 1 ampère pour l'anode, l'expression (1) s'applique rigoureusement.

Force électromotrice minima e; rétistance ρ de l'électrolyte. — On sait que la force électromotrice minima d'un électrolyte est proportionnelle à sa chaleur de formation c.

La chaleur de formation du florure d'aluminium à la température où s'opère l'électrolyse (810° à 980°) n'est pas connue, pas plus que celle des composés de fer et de silicium qui souillent parfois le bain.

Ces diverses quantités ont pu être déterminées par l'expérience, ainsi que la résistance de l'électrolyte qui y correspond.

Voici les résultats trouvés : les termes e et ρ de l'expression (1) sont remplacés par leur valeur :

	I	ε mesurée	ε calculée
	Amp.	Volts	
Sels de fer	75	1.45	1.45
	147.5	2.20	2.11
($\varepsilon = 0.75 + 0.0093\,I$).	225	2.85	2.85
Sels de silicium	65	1.95	1.95
	137.5	2.65	2.61
($\varepsilon = 1.37 + 0.0089 \cdot I$).	217.5	3.35	3.31
Sels d'aluminium	100	3.00	3.08
	130	3.28	3.25
($\varepsilon = 2.15 + 0.0085\,I$).	187.5	3.75	3.75

Ces chiffres conduisent directement à cette conclusion intéressante qu'on peut arriver, par une suite d'électrolyses fractionnées, à obtenir dans le même bac et avec une alimentation rationnelle toute la série des alliages de ferro-silicium, silicium-aluminium employés dans l'industrie, et, à la fin de l'opération, de l'aluminium pur. C'est du moins ce qui a été réalisé à Creil [1].

Poids du métal produit en fonction des quantités d'électricité ($I\theta$) et (IH). — Faisons remarquer que ($I\theta$) représente la quantité d'électricité qui traverse l'électrolyte, exprimée en Coulombs (ampères-seconde). (I H) représentera la même quantité exprimée en ampères-heure.

On a évidemment :

$$IH = \frac{I\theta}{3600}, \qquad (2)$$

le poids d'aluminium mis en liberté par le

[1] On entend par densité de courant : l'intensité du courant qui traverse l'unité de surface : le centimètre carré.

[1] MM. Bernard frères, qui étaient propriétaires de l'usine de Creil, installent en ce moment à Saint-Michel, près Modane, en Savoie, une station électrique où ces méthodes seront également appliquées.

passage d'un Coulomb, autrement dit l'équivalent électrochimique de l'aluminium, correspondant aux sesquisels, étant égal à 0,095 milligrammes. La quantité du métal déposé pendant un ampère-heure (1 H = 1) se calcule ainsi :

(3) $$P = 0{,}095 \times 3600 = 0 \text{ gr } 34.$$

D'après les poids du métal déposé, inscrits au tableau 1, dans les expériences effectuées à Creil, on n'aurait eu que les $\frac{60}{100}$ de cette dernière valeur, soit 0g,204 d'aluminium par ampère-heure.

Dans certaines opérations on a pu atteindre cependant un rendement de $\frac{70}{100}$ ou même de $\frac{80}{100}$; mais alors on avait abaissé la différence de potentiel

Tableau 2

N°	Composition du métal: Aluminium	Fer	Silicium	Nature du travail	Résistance à la rupture en kilogr. par millim. carré	Allongement
						%
1	99.5	0.18	0.32	Coulé. Martelé.	10. 12.3	20. 9.25
2	98.04	0.63	1.33	Coulé. Martelé.	12.3 13.9	6.43 21.00
3	98.22	1.28	0.50	Coulé. Martelé.	10 95 15.45	2.42 9.25
4	98.65	1.00	0.23	Laminé.	16.50	7.10
5	97.50	1.06	1.44	Coulé. Martelé.	12.80 14.97	6.66 1.83
6	97.67	0.59	1.74	Coulé. Martelé.	12.4 12.3	8.57 9.18
7	96.80	1.60	1.60	Coulé. Martelé.	14.5 15.5	3.57 10.00
8	94.30	1.30	4.40	Laminé écroui. Laminé recuit à 400°	23.5 15.1	3. 17.
9	91.40	0.30	8.16	Laminé écroui.	18.2	13.
10	92.60	1.30	6.10	Coulé. Laminé.	12.6 15.6	1.53 2.75
11	89.80	1.57	8.90	Coulé. Laminé.	17.1 19.7	2.85 9.18
12	89.60	1.40	9.	Laminé écroui.	20.	1.40
13	93.40	6.60	6.6	Coulé. Martelé,	6.2 7.75	0.7 Nul
14	86.80	0.40	12.8	Laminé écroui.	18.80	7.

aux électrodes jusqu'à ce qu'elle atteignît une valeur de 4 volts. C'est le rendement de 80 % qu'il faut adopter pour l'avenir.

Il en résulte que le poids d'aluminium P_1 produit industriellement pourra se calculer en fonction de la quantité (I H) au moyen de la formule :

(4) $$P_1 = 0 \text{ gr. } 34 \times 0.8 \times (IH) = 0 \text{ gr. } 272 \text{ } (IH)$$

Poids du métal produit en fonction de la quantité d'énergie dépensée dans le bain. — L'unité pratique d'énergie est le cheval-heure.

Pour une différence de potentiel ε aux électrodes, on aura, comme dépense d'énergie dans le bain, exprimée en chevaux-heure, l'équation connue :

(5) $$W_{ch} = \frac{\varepsilon \text{ (IH)}}{9{,}8094 \times 75}$$

et par suite la quantité de métal produit P_2 correspondant à une dépense d'énergie dans les bains égale à un cheval-heure, s'exprimera ainsi :

(6) $$P_2 = \frac{P_1}{W_{ch}} = \frac{0 \text{ gr. } 272 \text{ (IH)} \times 9{,}809 \times 75}{\varepsilon \times \text{(IH)}}.$$

d'où

(7) $$P_2 = \frac{200}{\varepsilon}$$

On arrive à cette conclusion que le poids du métal produit pour une dépense dans les bains d'une quantité d'énergie équivalente à un cheval-heure, est indépendante de la quantité d'électricité qui traverse le bain; sa valeur est *inversement* proportionnelle à la différence de potentiel aux électrodes.

Si l'on marche normalement avec une différence de potentiel aux électrodes de 4 volts, le poids du métal correspondant à une dépense d'un cheval-heure sera d'environ 50 grammes.

La force motrice totale nécessaire à la production d'un kilogramme d'aluminium descendrait à vingt-huit chevaux, en tenant compte des pertes subies par le moteur électrique et la transmission.

La dépense nécessitée par cette force motrice n'est pas très élevée, comme on le voit, même dans le cas où la machine dynamo-électrique serait actionnée par une machine à vapeur.

Elle peut être réduite considérablement par l'emploi des forces naturelles comme source d'énergie, ainsi que cela aura lieu à Saint-Michel, où la force disponible peut atteindre le chiffre de trente mille chevaux.

IV

L'aluminium électrolytique pur et allié. — L'aluminium qu'on obtient par l'électrolyse peut atteindre à un degré de pureté très élevé. C'est ainsi qu'on a produit à Creil des lingots dont la teneur en aluminium dépassait 99,5 °/₀. Cependant l'aluminium à 98 °/₀ est plus recherché dans l'industrie; il se travaille à froid aussi bien que l'aluminium pur; il fond à la même température que ce dernier (625°) et présente plus de résistance. Les éléments qui constituent, suivant l'expression courante, les impuretés de l'aluminium, sont : le fer et le silicium. Nous avons pensé que le fer et le silicium pouvaient former avec l'aluminium de véritables alliages dont l'étude présenterait quelque intérêt. Le tableau 2 renferme les résultats d'une première série d'expériences.

Il y a lieu de faire quelques observations sur les chiffres qui précèdent :

1° La présence du silicium dans l'aluminium, contrairement aux idées généralement répandues depuis les recherches d'Henry Sainte-Claire-Deville, ne nuit pas aux qualités mécaniques de ce métal. Les alliages de silicium-aluminium présentent, au contraire, jusqu'à uue teneur en silicium voisine de 13 °/₀, une résistance supérieure à celle de l'aluminium pur. La présence du fer avec des proportions dépassant 1,5 °/₀ devient nuisible. L'alliage type du silicium-aluminium aurait la composition suivante : aluminium 89, fer 1, silicium 10. Il pourrait atteindre, par le travail, à une résistance de 25 kilogrammes par millimètre carré et conserver un allongement variant entre 12 et 15 °/₀. Un tel alliage s'appliquera à la construction mécanique à la place de l'acier doux dans une foule de cas spéciaux; il s'imposera toutes les fois que l'appareil à construire devra présenter avant tout une grande légèreté.

2° Les alliages du silicium aluminium, pour lesquels la teneur en fer n'excède pas 0,75 °/₀, offrent une structure fibreuse semblable à celle de l'aluminium pur; de plus ils sont très homogènes et ne présentent aucune *liquation* en fondant. Ces propriétés caractéristiques résultent sans doute de ce que le silicium a le même *poids atomique*, la même *densité* et par suite la même *volume atomique* que l'aluminium, et qu'il peut, par conséquent, s'introduire dans la masse du métal sans changer sa structure moléculaire.

L'aluminium forme également avec le bore et les métaux usuels des alliages qui présentent un grand intérêt, industriellement parlant, et qui feront l'objet d'un article spécial.

Adolphe Minet,
Ingénieur, Directeur de l'usine d'aluminium de Saint-Michel (Savoie).

REVUE ANNUELLE D'AGRONOMIE

I. — Pertes et gains d'azote des terres arables

Fixation d'azote par les végétaux et les sols. — Depuis que Boussingault a montré, il y a plus de trente ans, que l'abondance de la matière végétale élaborée par la plupart des plantes de grande culture était étroitement liée à la proportion d'azote nitrique introduite dans le sol, qu'il eût ainsi établi que l'azote est le principal facteur de la fertilité, les agronomes n'ont cessé de chercher comment l'azote gazeux de l'atmosphère intervenait dans les phénomènes de la végétation.

Il semble au premier abord que si les trois dix-millièmes d'acide carbonique contenus dans l'air suffisent à fournir aux végétaux la masse énorme de carbone qu'ils renferment, les quantités prodigieuses d'azote de l'atmosphère doivent également être utilisées à la formation des proportions relativement restreintes des matières quaternaires des végétaux.

C'est là l'opinion que professa M. Georges Ville pendant bien des années. Il affirmait, avec expériences à l'appui, que certaines plantes s'emparent de l'azote atmosphérique. Ces expériences toutefois étaient irrégulières, réussissant, échouant sans qu'on sût à quelles causes attribuer les échecs ou les succès. M. Boussingault en France, MM. Lawes et Gilbert en Angleterre avaient toujours échoué dans les expériences de vérification qu'ils avaient disposées.

M. Georges Ville toutefois maintenait son opinion avec fermeté, assurant que si, en se plaçant dans les conditions où avaient opéré ses contradicteurs, on ne pouvait pas constater la fixation de l'azote atmosphérique, il en était tout autrement si l'on commençait par donner au sol une certaine dose d'engrais azoté, notamment de nitrate de potasse; avec l'aide d'une faible quantité de cet engrais très efficace, 1 gramme par exemple pour une dizaine de kilogrammes de sable, on donnait aux plantes semées dans un sol stérile une vigueur qu'elles n'atteignent jamais quand on ne leur apporte aucune aide et il ajoutait que ces plantes devenues vigoureuses acquerraient dès lors la

propriété de fixer l'azote atmosphérique, de l'employer à l'élaboration de leurs tissus, tellement qu'à la récolte on trouvait dans ces végétaux infiniment plus d'azote que n'en avaient apporté la graine et l'engrais.

On avait reconnu d'autre part que des terres maintenues en prairies naturelles présentent une richesse en azote considérable; non seulement on savait que depuis des siècles les prairies hautes de montagne qui ne reçoivent aucun engrais se couvrent d'herbes qui servent d'aliment au bétail dont les produits descendent dans la plaine, et que malgré cette exportation constante d'azote, ces prairies présentent des richesses exceptionnelles de 5, 7 et 9 grammes par kilo; mais on avait en outre à Rothamsted et à Grignon montré par des dosages successifs d'azote que des terres maintenues en prairies de graminées s'enrichissent d'azote chaque année, malgré les prélèvements des foins exportés. Il semblait donc qu'effectivement l'azote de l'air intervient dans la végétation; mais on ignorait profondément le mécanisme de sa fixation quand, en 1884, M. Berthelot découvrit que les sols pauvres en matières azotées s'enrichissent en azote par une simple exposition à l'air, tant qu'ils n'ont pas été stérilisés par l'action du feu: d'où l'idée que la fixation de l'azote serait due à l'action d'un micro-organisme.

Cette mémorable découverte, même appuyée par le grand nom de son auteur, ne fut pas acceptée sans hésitation. L'azote est tellement inerte, indifférent, il faut le soumettre à des actions si énergiques pour n'en engager que des traces en combinaison, que l'étonnement était profond de le voir obéir à des bactéries, quand il résiste aux forces puissantes que nous mettons en jeu dans le laboratoire. On était donc encore quelque peu indécis quand nous arriva d'Allemagne la nouvelle que MM. Hellriegel et Wilfarth venaient de trouver, dans l'étude des légumineuses, la justification de l'opinion toujours soutenue par M. Georges Ville, en même temps qu'un solide appui aux idées de M. Berthelot.

Lorsqu'on arrache avec précaution les racines du trèfle, de la luzerne, des pois, des haricots, des lupins, on y découvre aisément de petits tubercules irrégulièrement distribués. Si l'on écrase un de ces tubercules sur une lamelle de verre pour l'examiner au microscope, on voit apparaître de nombreux organismes mobiles, des bactéries, qui sont l'agent actif de la fixation de l'azote atmosphérique.

Si, en effet, on cultive des légumineuses dans un sol privé de germes vivants et simplement additionnés de matières minérales, elles y végètent misérablement et leurs racines sont dépourvues de nodosités; mais tout change comme par enchantement si l'on arrose ce sol stérile avec de l'eau dans laquelle on a délayé de la terre qui a porté des légumineuses; cette eau renferme des germes qui se développent sur les racines, provoquent la formation des nodosités, leur peuplement, et la plante devient vigoureuse, se couvre de fleurs, puis de fruits, comme si, au lieu d'être enracinée dans un sol stérile, elle végétait sur une terre fertile. L'eau de lavage qui a déterminé cette transformation ne l'a produite que grâce aux organismes qu'elle renfermait, car si on la fait bouillir, elle perd toute vertu. Au reste, M. Bréal a donné au Muséum, il y a deux ans, une preuve décisive de l'intervention des micro-organismes dans la fixation de l'azote par les légumineuses; pour réaliser sa remarquable expérience, il emprunte aux médecins le mode opératoire qu'ils suivent dans la vaccination: il pique avec une aiguille une nodosité bien formée sur une racine de luzerne et transporte sur une racine encore indemne de lupin, par exemple, les germes qu'il a empruntés au tubercule piqué; cette inoculation réussit merveilleusement; la plante, ainsi traitée, acquiert un développement normal, tandis qu'un pied voisin, issu d'une graine semblable à celle qui a donné la plante vigoureuse, mais qui n'a pas reçu les bactéries fixatrices d'azote, reste chétif et finit par mourir sans avoir, comme son voisin inoculé, emprunté à l'air une notable quantité d'azote.

Il semblait qu'on pût déduire avec certitude de ces expériences que l'azote atmosphérique était bien l'origine des matières azotées des légumineuses inoculées. Pour qu'aucun doute ne fût plus possible, il restait une dernière expérience à réaliser: il fallait non seulement voir l'azote augmenter dans les végétaux étudiés; il fallait, en outre, le voir disparaître d'une atmosphère confinée dans laquelle ils étaient maintenus.

Pour réussir dans une semblable tentative une rare habileté expérimentale était nécessaire; cette habilité, M. Schlœsing fils ne la possède pas moins que son père. S'associant à un botaniste belge très distingué, M. Laurent, il a réussi, l'an dernier, à faire vivre des pois inoculés dans une atmosphère rigoureusement mesurée; les auteurs ont constaté que l'azote y diminuait d'une quantité précisément égale à celle qui avait été fixée, engagée en combinaison par la plante. Cette méthode directe vient donc appuyer les méthodes indirectes de dosage de l'azote combiné avec une telle force qu'elle triomphe de toutes les incertitudes.

Il est donc acquis que les légumineuses fixent l'azote de l'air et méritent absolument ce vieux nom de plantes améliorantes que leur avaient imposé les sagaces observations des praticiens.

Quel est le mécanisme de cette fixation d'azote? C'est ce qui reste encore un peu confus. Un grand nombre de micrographes se sont, cependant, attachés à cette question ; M. Prazmowski notamment y a consacré plusieurs mémoires[1].

Il en résulte que les tubercules des racines n'apparaissent qu'autant que le sol renferme les germes des bactéries et que « ces tubercules sont des productions symbiotiques communes aux bactéries et à certaines parties des végétaux très élevés en organisation. Les bactéries trouvant dans le suc de la racine une nourriture appropriée à leurs besoins peuvent s'y multiplier durant une infinité de générations et se répandre de nouveau dans le sol pendant la vie de la plante hospitalière aussi bien qu'après sa mort. Quant à cette plante, la bactérie lui fournit le moyen de se pourvoir d'un aliment extrêmement important, l'azote, qui peut ne pas se trouver en quantité suffisante dans le sol.

« La légumineuse est cependant mieux partagée que la bactérie, puisqu'elle finit par s'en emparer pour en élaborer la substance à son profit; elle enferme les bactéries dans un tissu spécial protégé par une couche de cellules subérifiées qui s'oppose à l'invasion d'organismes étrangers et en même temps à la sortie des bactéries prisonnières; elle dispose à l'extrémité extérieure des tubercules un méristème, un tissu perpétuellement en voie de cloisonnement, qui fournit constamment de nouvelles cellules aux bactéries et s'assure de cette façon des réserves successives de bactéries à mesure qu'elle digère celles qui occupent les parties inférieures des tubercules. Les faisceaux ramifiés dans la couche intermédiaire amènent les hydrates de carbone nécessaires à l'alimentation des bactéries et à la formation des matières albuminoïdes, et servent en même temps à conduire jusqu'aux organes aériens les substances résultant de la dissolution des bactéroïdes. La migration des principes immédiats est favorisée par la minceur extrême des parois cellulaires du tissu à bactéroïdes. Pour éviter enfin que les hydrates de carbone ne fassent défaut à un moment donné, une réserve d'amidon est déposée dans l'assise de cellules qui entoure directement le tissu à bactéroïdes.

« La structure anatomique du tubercule est donc admirablement adaptée aux conditions qui résultent des relations symbiotiques entre la légumineuse et les bactéries. »

Il est manifeste que la question est loin d'être épuisée, et que si nous savons que la légumineuse profite de l'azote fixé par les bactéries qui pullulent dans les nodosités des racines, nous n'avons aucune idée du mécanisme de cette fixation. Il est certain qu'une matière aussi compliquée qu'un albuminoïde ne se forme pas de toute pièce et qu'elle n'est produite que par une série de synthèses analogues à celles qui, partant de l'aldéhyde formique, arrive jusqu'aux matières sucrées, de structure cependant infiniment plus simple que les albuminoïdes. Il reste donc de grands efforts à faire pour élucider complètement cette fixation de l'azote par les légumineuses.

Sont-ce seulement les plantes de cette famille qui ont la propriété d'utiliser l'azote de l'air, ou bien au contraire cette propriété se rencontre-t-elle à des degrés divers dans d'autres familles? C'est pour élucider ce sujet que MM. Schlœsing fils et Laurent ont disposé, pendant cette année 1891, une nouvelle série d'expériences non moins importantes que celles de l'an dernier. Ils ont encore employé simultanément les deux méthodes directes et indirectes qui se contrôlent l'une par l'autre : déterminant par de rigoureuses mesures les changements survenus dans l'atmosphère confinée où les plantes ont vécu, établissant d'autre part par des dosages d'azote, au commencement et à la fin des expériences, si le système plante et sol avait gagné l'azote gazeux disparu de l'atmosphère confinée.

Quatre plantes ont été mises en expériences : Topinambour, Avoine, Pois et Tabac; plusieurs vases renfermant le même sol que les précédents ont été en outre introduits dans les appareils, mais sans être ensemencés autrement que de délayure de terre.

La première série d'expériences a montré que de l'azote gazeux avait toujours disparu, mais en faible proportion, sauf dans le cas des pois, qui ont fixé une quantité notable d'azote; « la surface des sols s'était peu à peu et à divers degrés recouverte de plantes vertes, parmi lesquelles on a reconnu des mousses (*Bryum*, *Leptobryum*) et des algues (*Conferva*, *Oscillaria*, *Nitzschia*). A quelles espèces était due la fixation de l'azote, aux phanérogames, ou au contraire aux végétaux inférieurs? Pour le savoir, MM. Schlœsing fils et Laurent suppriment l'apparition des cryptogames en recouvrant la surface des sols, après l'enfouissement des graines et l'arrosage avec la délayure de terre, d'une couche de quelques millimètres de sable quartzeux; dès lors aucune trace de matière verte n'est apparue, et, sauf pour les légumineuses, on n'a plus observé la fixation d'azote.

Ainsi, tandis que dans ces expériences les sols nus, l'avoine, la moutarde, le cresson, la spergule

[1] M. Vesque, dont le nom est bien connu des lecteurs de la *Revue*, a donné des résumés de ces travaux dans les tomes XV, page 137, et XVI, pages 44 et 573 des *Annales agronomiques*.

n'ont pas fixé d'azote, on constate que certaines plantes vertes inférieures empruntent de l'azote gazeux à l'atmosphère.

Il y a là un point fort important, qui montre que l'ancienne expérience de Boussingault, pendant laquelle il n'avait observé aucune fixation d'azote gazeux sur le développement du *Penicillum glaucum* sur le sérum du lait, n'avait pas la portée générale que, très à tort, on lui avait attribuée.

L'expérience de MM. Schlœsing fils et Laurent expliquent sans doute, partiellement au moins, les désaccords qui se sont produits entre M. Georges Ville et les personnes qui ont voulu répéter ses expériences et n'ont pu réussir.

Quand, dans un laboratoire de physiologie, on emploie des liqueurs nutritives renfermant des nitrates, on y voit très rapidement apparaître des algues; il n'est pas invraisemblable que les sols de sable de M. Georges Ville, additionnés de nitrates, aient été parfois envahis par ces végétations cryptogamiques, fixatrices d'azote qui, enrichissant le sol de leurs dépouilles, ont permis à la plante en expérience d'acquérir une dose d'azote supérieur à celle qu'on avait ostensiblement fournie. Si, d'autre part, les autres observateurs ont préservé leurs sols de l'envahissement des cryptogames, si surtout le manque de nitrate ajouté n'a pas favorisé ces envahisseurs, ils n'ont plus observé la fixation d'azote libre; de là les désaccords.

Les expériences de MM. Schlœsing fils et Laurent expliquent également les fixations d'azote considérables qui se produisent dans les sols maintenus longtemps en prairies, auxquelles nous avons fait allusion plus haut; ces enrichissements ont été constatés par MM. Lawes et Gilbert dans une prairie de Rothamsted; j'ai reconnu moi-même à Grignon qu'un sol qui, n'accusant plus que 1gr50 d'azote par kilo en 1879, en accusait 1gr60 en 1881, 1gr77 en 1885 et 1gr98 en 1888. Si l'on admet que la terre d'un hectare pèse 4.000 tonnes, on trouve que de 1879 à 1888 la prairie a gagné par son sol 1.920 kilos d'azote, auxquels il convient d'ajouter 1.210 kilos enlevés par les récoltes, soit en tout 3.130 kilos, plus de 300 kilos par hectare et par an.

Les faits observés par la pratique agricole sont donc maintenant d'accord avec ceux que les expériences de laboratoire les plus délicates ont permis de découvrir. Le sol d'une prairie permanente est habituellement envahi de mousses, de cryptogames variées, parmi lesquels se rencontrent sans doute les espèces capables de fixer l'azote atmosphérique et de l'employer à la formation de leurs albuminoïdes. Quand ces plantes meurent, elles enrichissent le sol de leurs dépouilles.

Aux êtres inférieurs, bactéries ou végétaux cryptogamiques, appartient donc cette curieuse propriété de triompher de l'inertie de l'azote gazeux; elle n'appartient qu'à eux, car jusqu'à présent on ne l'a sûrement constatée chez aucun animal ni aucune phanérogame.

Ces découvertes récentes justifiant les anciennes observations des cultivateurs vont-elles développer la création des prairies de graminées et les verra-t-on, dans les domaines qui souffrent de la pénurie d'engrais azoté, prendre une place régulière dans les assolements?

Si, à première vue, il parait rationnel de rendre à un sol fatigué sa richesse perdue par la création de prairies temporaires, on n'obtient pas toujours cependant de cette transformation tous les profits qu'on en attend. Une terre légère comme celle de Grignon, restée en prairie pendant plusieurs années, devient l'habitat d'une multitude d'insectes, qui se jettent avidement sur les récoltes qui suivent les défrichements, et le nombre d'espèces à cultiver se restreint singulièrement. En 1889 et 1890, nous avons été obligés M. Paturel et moi de renoncer à cultiver de l'avoine ou des betteraves sur des prairies défrichées; les pommes de terre et le maïs-fourrage ont résisté, mais n'ont fourni que des récoltes bien inférieures à celles qu'on avait obtenues des sols labourés chaque année.

Nitrification. — Dans ceux-ci, les fixations d'azote ne sont plus guère sensibles d'ordinaire, les pertes surpassent les gains; et pour maintenir la fertilité l'emploi des engrais s'impose.

Ces pertes sont dues à la nitrification. Sous son influence, les matières azotées du sol prennent une forme éminemment favorable à l'assimilation; cette formation de nitrates aux dépens des matières azotées de la terre est donc essentiellement utile; mais, d'autre part, elle s'exagère aisément, se perd encore quand le sol est découvert et n'a plus de plantes à nourrir, et comme les nitrates sont solubles, qu'ils ne sont nullement retenus par les propriétés absorbantes des terres arables, ils sont entraînés dans les eaux de drainage, passent dans les ruisseaux, les rivières, les fleuves qui jettent constamment dans l'Océan des masses énormes d'azote combiné.

C'est pour réparer ces pertes incessantes que les cultivateurs achètent à grands frais les matières azotées de toute espèce, qu'une flotte est toujours en mouvement pour ramener des côtes du Chili et du Pérou en Europe le nitrate de soude, ressource provisoire largement exploitée aujourd'hui et dont l'épuisement laissera nos successeurs dans un profond embarras.

La nitrification, source de fertilité, source d'épuisement, mérite donc une étude attentive.

Ce n'est que récemment que le ferment, dont MM. Schlœsing et Muntz avaient signalé l'existence et les fonctions dès 1876, a été isolé par M. Winogradski ; la nitromonade, qu'il a décrite d'abord, est seulement un ferment nitreux ; son action s'arrête quand la transformation de l'ammoniaque en acide nitreux est accomplie, et c'est un autre ferment qui complète l'oxydation et transforme l'acide nitreux en acide nitrique. « C'est un très petit bâtonnet, de forme anguleuse, irrégulière, qui n'a aucune ressemblance avec le ferment nitreux de la même terre ; l'une des plus curieuses propriétés de ce ferment nitrique est de ne pas oxyder l'ammoniaque. Ensemencé dans les solutions ammoniacales les plus facilement nitrifiables par les ferments nitreux, il n'y donne ni nitrite ni nitrate.

Les deux genres de ferment qui amènent l'ammoniaque à l'état de nitrates sont abondants dans toutes les terres, et toutes nitrifient quand les conditions nécessaires à l'activité du ferment sont réunies, mais elles sont bien loin cependant de fournir dans le même temps des quantités égales de nitrates.

Cette quantité varie avec l'abondance de la matière organique azotée, avec l'aération plus ou moins facile du sol considéré ; elle varie aussi dans le même sol avec les conditions climatériques ; une température de 25° à 30°, une humidité suffisante exaltent l'activité du ferment nitrique, et très habituellement cette activité s'exerce à contretemps ; elle est d'ordinaire insuffisante au printemps : si la terre est dans un état d'humidité convenable, la température est trop basse ; de là l'utilité des fumures de nitrate de soude au premier printemps ; elles sont très efficaces précisément parce que la nitrification naturelle ne présente pas une activité suffisante. En revanche, pendant l'été, la température du sol s'élève, et si la pluie n'est pas trop rare les quantités de nitrate formées sont considérables et souvent inutiles. En effet, le blé, dès la fin de juin, cesse d'assimiler les matières azotées du sol. La betterave, il est vrai, en profite largement, si largement que ces nitrates s'accumulent dans leurs tissus en nature et deviennent nuisibles aux animaux qui consomment ces racines. En résumé, les nitrates formés pendant la saison d'été sont presque complètement perdus, car, à ce moment, la plus grande partie des terres est découverte, et quand arrivent les grandes pluies d'automne, ils sont entraînés dans les eaux de drainage. Les pertes d'azote combiné que subissent les sols par les lavages des eaux qui les traversent sont énormes.

En réunissant dans une moyenne les nombres trouvés à Grignon pendant les trois automnes 1889, 1890 et 1891, j'arrive à 40 kilos environ d'azote nitrique représentant à peu près 250 kilos de nitrate de soude, c'est-à-dire plus qu'on n'en achète habituellement.

Il est donc du plus haut intérêt de restreindre ces pertes : on y arrive aisément par la pratique des cultures dérobées comme engrais ; aussitôt que la moisson est faite, on donne un léger labour de déchaumage et on sème une plante à évolution rapide, de la vesce ou de la moutarde ; s'il pleut, elle lève, et bientôt le sol est absolument couvert d'une végétation drue, vigoureuse qui empêche la déperdition ; cette année, à Grignon, la vesce a évaporé assez d'eau pour empêcher complètement les drains de couler ; par conséquent les pertes ont été radicalement supprimées ; la moutarde n'a pas empêché absolument l'écoulement, mais elle s'était emparée avidement des nitrates formés, et la perte s'est réduite à moins d'un kilog. par hectare.

Au mois de novembre, ces cultures sont écrasées par un rouleau et enfouies ; elles apportent au sol une quantité d'azote considérable ; elle s'est élevée cette année à 83 kilos par hectare pour la moutarde, à 141 pour la vesce ; c'est une fumure abondante équivalant dans le premier cas à une demi-fumure de fumier de ferme, dans le second à une fumure ordinaire de 30.000 kilos.

Je crois que cette pratique des engrais verts pour engrais déjà répandue dans certaines parties de la Normandie, dans la Limagne d'Auvergne est destinée à se généraliser.

En résumé, pendant ces dernières années, nos connaissances sur les causes de gains et de pertes des sols arables se sont accrues et ont acquis un degré de précision remarquable.

Nous savons que l'azote se fixe dans les sols par l'action de micro-organismes, que cette fixation est plus active quand les terres se couvrent de végétations inférieures, algues et mousses ; qu'elle s'exalte enfin dans les légumineuses portant sur les racines des nodosités à bactéries, et ces découvertes de laboratoire sont appuyées par les observations recueillies directement dans les champs d'expériences et dans la grande culture.

Nous savons en outre que ces gains sont contrebalancés par les pertes qu'occasionne la nitrification, pertes dues à l'activité de deux ferments dont l'action se superpose ; enfin nous avons entre les mains une méthode facile à employer pour restreindre ces déperditions d'azote et diminuer les lourdes dépenses qu'occasionne l'entraînement des nitrates dans les eaux souterraines.

II. — La culture du blé

Notre récolte de 1891 est la plus mauvaise que nous ayons faite depuis 1879 ; elle reste voisine de 80 millions d'hectolitres, tandis qu'il nous en faut

environ 120 millions; le déficit est donc considérable : il est dû à la destruction des semis du blé d'automne par les alternatives de gel et de dégel du mois de février 1891 : les petites lames de glace qui se forment dans le sol finissent par couper les jeunes racines du blé. Quand cet accident se produit, on enlève à la main les tigelles, déjà affaiblies, sans le moindre effort. Pour réparer ce désastre, il a fallu faire de nouvelles semailles, et les rendements des blés de printemps, du peu de blé d'hiver qui avait résisté, ont été faibles.

D'une année à l'autre, les récoltes de blé varient entre des limites très étendues; on peut en voir les raisons dans un travail de M. Hébert, chimiste de la station agronomique de Grignon, dans lequel il a résumé non seulement ses propres recherches, mais celles que j'ai exécutées depuis longtemps avec les jeunes collaborateurs qui se sont succédé à mon laboratoire depuis vingt ans.

Le cultivateur influe sur l'abondance de la récolte en choisissant une variété appropriée à son sol et au climat de son domaine, en préparant sa terre avec soin, en l'ameublissant par les labours, les hersages, l'aérant par le drainage, l'enrichissant par les engrais; il assure ainsi l'alimentation azotée et minérale du blé semé; par des sarclages répétés, il le débarrasse des plantes adventices dont la concurrence est redoutable ; quand, au mois d'avril, les travaux sont terminés, le cultivateur n'a plus qu'à abandonner sa récolte aux chances favorables ou fâcheuses qu'amèneront les alternatives de pluie et de soleil; ce sont ces conditions climatériques qui récompenseront ses efforts ou les rendront stériles.

Pour bien comprendre cette influence décisive de la saison, il faut suivre de près les phénomènes qui se succèdent pendant le développement du blé; on y distingue deux périodes successives : celle qui s'écoule depuis le semis jusqu'à la floraison, est employée par la plante à constituer ses propres tissus, et à accumuler les réserves de matières azotées et minérales nécessaires à l'alimentation du grain. Les racines, tiges et feuilles du blé sont surtout formées par des hydrates de carbone, dont l'un n'est connu que depuis peu d'années. Ce produit a été désigné sous le nom de *gomme de paille*; c'est une matière soluble dans les alcalis, précipitable de cette dissolution saturée par les acides, par l'alcool sous forme d'une substance blanchâtre, amorphe, qui, saccharifiée par les acides, donne un pentaglycose, la xylose analogue à l'arabinose des gommes.

Cette xylose réduit la liqueur cupropotassique comme les sucres; elle prend naissance, ainsi qu'il vient d'être dit, par saccharification, à l'aide des acides, de telle sorte que pendant longtemps elle a été confondue avec la glycose que donne la saccharification de l'amidon.

Cette confusion avait conduit à mal comprendre la maturation du blé; en voyant au mois de juin, au moment de la floraison, les tiges et les feuilles fournir sous l'influence des acides étendus, un sucre réducteur, on croyait que pendant la première partie de sa vie, les hydrates de carbone élaborés par l'activité chlorophyllienne étaient destinés à deux usages différents : on pensait que si une fraction, prenant la forme de cellulose, servait à la formation de ses tissus, le reste, accumulé dans les cellules sous forme d'amidon, constituait des réserves destinées à l'alimentation du grain.

En réalité, il en est autrement; tous les hydrates de carbone formés jusqu'à la floraison sont employés à l'édification de la plante. Ce que nous prenions pour de l'amidon est de la gomme de paille qui persiste en place dans les tiges et les feuilles jusqu'à la maturation et ne concourt en aucune facon à la nourriture du grain.

Si celui-ci trouve dans les matières azotées des tiges et des feuilles les matériaux destinés à former son gluten, il ne rencontre comme hydrate de carbone de réserve que de petites quantités de glycose et de dextrine, et c'est pendant le temps qui s'écoule entre la floraison et la maturation que les feuilles doivent élaborer tous les hydrates de carbone qui se concrètent dans le grain sous forme d'amidon.

Or ce travail est essentiellement soumis aux conditions climatériques. Si le soleil est ardent, la pluie rare, les feuilles perdent plus d'eau par évaporation qu'elles n'en reçoivent par la racine ; or une dessiccation même médiocre de la feuille y arrête le travail d'assimilation; si elle se sèche, la petite usine est fermée et la quantité d'hydrate de carbone produite, par suite celle d'amidon, est trop faible; on conçoit donc que si quelques pluies modérées n'arrivent pas à la fin de juin, au commencement de juillet, on ne recueille que des grains médiocrement garnis d'amidon, légers, de mauvaise qualité; c'est surtout la proportion de cet amidon qui est variable d'une année à l'autre.

En 1888, nous avons eu au champ d'expériences de Grignon une bonne récolte de grains; les parcelles, sur lesquelles ont été pris les échantillons d'analyse, ont fourni la valeur de 34q,8 à l'hectare; en 1889, nous avons eu seulement 29q,2. Si l'on examine la composition du grain, on trouve pour la même variété :

	1888	1889
Matières azotées à l'hectare	438k,9	447k
Amidon	2689	1808

Ce qui a manqué en 1889, c'est l'élaboration de

l'amidon; or, cette année-là, on a moissonné le 23 juillet, tandis qu'en 1888 le blé était resté sur pied jusqu'au 13 août; dans un des cas, les cellules ont pu fonctionner bien plus longtemps que dans l'autre.

Un ciel voilé, un temps un peu humide sont donc bien plus favorables à la production du blé qu'un soleil éclatant, qui, s'il favorise par sa lumière le travail de la cellule, la paralyse par sa chaleur, amenant une dessiccation prématurée : le midi de la France ne produit guère que 10 hectolitres à l'hectare. La région septentrionale en fournit souvent 25, autant que l'Angleterre.

Si une pluie légère est favorable, les orages sont absolument funestes; le blé tel que l'ont fait des siècles de culture est une plante mal équilibrée; un épi lourd est porté à l'extrémité d'une tige longue, grêle, médiocrement résistante, et la verse est fréquente, elle est très fâcheuse. Les tiges superposées ne reçoivent plus les radiations solaires, et le travail chlorophyllien imparfait n'envoie plus aux grains qu'une quantité insuffisante d'hydrates de carbone.

On conçoit donc, ainsi qu'il a été dit, que les récoltes soient très variables d'une année à l'autre, et que jusqu'à présent les efforts qui ont été faits pour élever les rendements, contrariés par les intempéries, n'aient pas produit tous les résultats désirables; ces efforts ont été cependant considérables, et certaines espèces résistantes à la verse, telles que les blés à épi carré, fournissent, pendant les bonnes années, des rendements dépassant 60 hectolitres à l'hectare dans cette région du Nord et du Pas-de-Calais, où le sol est enrichi par les fumures prodiguées aux betteraves, où le climat plus tempéré que celui des environs de Paris est aussi bien plus favorable à la culture du blé.

Les rendements ne sont élevés que lorque la maturation n'est pas précipitée; or, au printemps de 1891, les blés ont été semés tardivement; toutes les phases du développement ont été précipitées et la récolte forcément médiocre.

III. — Culture des pommes de terre

Grâce aux efforts de M. Aimé Girard, les progrès réalisés dans cette culture depuis quelques années ont été considérables. La variété qu'il a préconisée, la *Richter's Imperator*, est beaucoup plus prolifique que les autres espèces cultivées naguère. En 1889, deux des cultivateurs qui, à la suite de M. Aimé Girard, ont planté la Richter, avaient atteint 40.000 kilos à l'hectare; en 1890, 22 sur 57 ont atteint et dépassé ce chiffre. La Richter est en outre très riche en fécule : elle en contient 17, 18, 19 et 20 centièmes; la production de la fécule à l'hectare est comprise entre 5 et 7.000 kilos et devient susceptible d'alimenter les distilleries agricoles et de laisser des résidus capables de nourrir un bétail nombreux.

Ajoutons que cette culture n'est plus soumise aujourd'hui aux chances de perte qu'elle présentait naguère; en effet, les sels de cuivre exercent sur les champignons parasistes qui s'attachent aux feuilles une action nocive si puissante que l'on peut aussi bien employer, pour combattre le *phytophora infestans* de la pomme de terre que le *peronospora* de la vigne, les mélanges de sulfate de cuivre avec la chaux ou le carbonate de soude, connus sous les noms de bouillie bordelaise et de bouillie bourguignonne. La culture de la pomme de terre, qui réussit même dans les terres médiocres où se développe mal la betterave, est en voie de prendre dans les assolements une place considérable.

IV. — L'olivier en Tunisie.

Il est toujours dangereux pour la prospérité d'une contrée de restreindre à une seule plante sa production agricole; nos colons tunisiens se sont jetés avec une extrême ardeur dans la culture de la vigne, et les résultats obtenus justifient pleinement les dépenses qui ont été faites pour développer les vignobles de Tunisie. Ils ont produit cette année 98.000 hectolitres de vin, en progrès sur l'an dernier de 47.000 hectolitres, avec un rendement moyen de 30 hectolitres à l'hectare.

La production du vin est due exclusivement aux Européens; les indigènes ne l'ont pas entreprise, et il était utile de chercher à développer d'autres cultures qui leur sont familières.

Parmi celles-ci, aucune ne mérite une plus sérieuse attention que l'olivier; il n'y a de ce côté rien à créer, mais seulement à encourager une production établie en Tunisie depuis la haute antiquité. D'après un rapport de M. Bourde, directeur de l'agriculture de la régence [1], le nombre des oliviers existant actuellement dépasse 10 millions de pieds. « C'est une des forêts les plus considérables du monde; son existence justifie cette assertion bien souvent répétée que si les bords de la Méditerranée sont l'habitat naturel de l'olivier, la Tunisie est dans la Méditerranée son lieu de prédilection ».

On conçoit par suite que le protectorat ait songé à étendre encore la plantation de l'olivier et la production de l'huile. Il fallait tout d'abord savoir où elle en était. On a procédé à une enquête; il en résulte que la production d'huile varie beaucoup

[1] Le très intéressant rapport de M. Bourde paraîtra dans le cahier de janvier des *Annales agronomiques*.

d'un *contrôle* à l'autre : à Sfax et à Sousse, pendant ces dernières années, 4.523.481 oliviers ont produit plus de 25 millions de litres d'huile dans les contrôles de Tunis, de Bigerti et de Djerbohat, dans le caïdat de Soliman, 5.270.000 oliviers n'en ont fourni que 12 millions de litres.

La différence est donc énorme ; elle est due surtout aux soins apportés à la culture. Tandis qu'à Sfax la taille et la forme données à l'arbre sont très rationelles, que le sol est bien labouré, que les arbres sont tellement éloignés les uns des autres, qu'on n'en compte que 60 par hectare, et que, profitant de cet espacement, ils acquièrent tout leur développement, à Sousse la taille est déjà moins bonne, les arbres sont aussi plus serrés; enfin, dans le contrôle de Tunis on compte par hectare de 120 à 150 arbres, non taillés, mais hachés sans aucune méthode.

Comment les soins apportés à la culture sont-ils si différents d'une région à l'autre? Parce que, dans tous les contrôles, les oliviers sont soumis à des régimes fiscaux différents aussi.

« Dans les contrôles de Sousse et de Sfax, les oliviers payent le *kanoum*, c'est-à-dire un droit fixe par pied. L'impôt acquitté, le propriétaire dispose librement de son olivette, la cultive, en traite et en vend les produits à son gré. Ce système d'impôt le pousse à chercher à augmenter les rendements, car plus le revenu d'un arbre est élevé, moins l'impôt fixe qui le frappe est lourd.

« Dans les contrôles de Djerba, de Nabeul, de Tunis et de Bizerte, les oliviers sont soumis à la dîme de l'huile, c'est-à-dire, que sur l'huile tirée des olives récoltées, l'État prélève un dixième. Étant ainsi directement intéressé dans les résultats de la récolte, l'État a été entraîné à intervenir dans tous les détails de la culture de l'olivier et de la fabrication de l'huile, afin de s'assurer qu'on ne lui porterait pas préjudice soit par négligence, soit par fraude. »

Non seulement la culture est ainsi mal conduite, mais en outre la fabrication de l'huile est déplorable; les moulins arabes, dont l'emploi est imposé aux producteurs d'olives, ne travaillent que lentement : les olives fermentent avant d'être pressées et les huiles perdent de leur valeur. Tandis que les produits des moulins européens valent 80 francs les 100 kilos, ceux des moulins arabes ne trouvent preneur qu'à 60 francs.

La récolte se trouve encore réduite par cette circonstance qu'un cinquième environ des oliviers de la Régence appartient à l'État ou aux biens Habous. Or ces arbres *administratifs* sont en général très délabrés. « Au milieu des beaux oliviers de Sfax, quand on aperçoit des arbres souffreteux sur un sol abandonné aux herbes, on est certain qu'on est en présence d'un bien habous ».

Ce dépérissement provient du mode d'exploitation auquel les oliviers domaniaux étaient soumis jusqu'en ces dernières années et auquel les oliviers habous sont soumis encore. Ce mode d'exploitation consiste à confier le soin des olivettes domaniales aux administrations locales qui n'ont aucun intéret personnel à la prospérité des arbres, et par suite n'entreprennent jamais de travaux d'amélioration.

L'intérêt privé est le seul ressort que veut mettre en œuvre la direction de l'agriculture de la régence, et elle propose de louer à long terme les olivettes domaniales ou de biens habous; dans l'un et l'autre cas, la production serait rapidement augmentée et la redevance perçue par pied d'arbre rapporterait infiniment plus que les misérables récoltes que fournissent aujourd'hui les arbres abandonnés!

Le rapport de M. Bourde indique en outre comment il faut procéder pour augmenter le nombre des oliviers dans la régence. Dans le gouvernement de l'Arad, tout à fait au sud, les perspectives ouvertes à la culture de l'olivier sont pour ainsi dire illimitées. Elle y a été autrefois très florissante; elle faisait la fortune des villes importantes dont les ruines se voient le long de la côte; elle a été si complètement détruite par les ravages des pillards, qui trouvent un refuge dans la Tripolitaine toute voisine, que le principal obstacle à la création de nouvelles olivettes se trouve dans la pénurie des drageons, des éclats de souche ou des boutûres pour la plantation; aussi, pour cette région est-il indispensable d'établir des pépinières où les indigènes pourront trouver les éléments de la reconstitution des olivettes.

Après avoir procédé à ces études, M. Bourde a soumis aux délibérations de la Commission qui siège auprès de la résidence une suite de propositions qui ont été adoptées et vont changer l'état des choses; il a proposé :

Louer à long terme les oliviers domaniaux ou habous; en effet, pour les restaurer, il faut les soumettre à une taille énergique qui empêche la production pendant deux ou trois ans, et les locataires ne consentiront à s'imposer cette privation de revenus que s'ils sont sûrs de pouvoir quelques années plus tard être récompensés de ce sacrifice.

Régulariser la situation des planteurs du contrôle de Sfax qui ont envahi des biens domaniaux.

Enfin faciliter la plantation de nouveaux oliviers en vendant à très bas prix les terrains que les acquéreurs consentiront à planter; le prix de l'hectare serait de 15 francs quand on ne sera

pas obligé de faire des travaux spéciaux d'irrigation, de 10 francs seulement s'il faut établir des machines propres à élever les eaux souterraines. Toutefois, pour éviter que les terres nues ne soient accaparées par la spéculation, un article résolutoire du contrat porte que si après cinq ans les parcelles n'ont pas été plantées, l'état se réserve d'annuler la vente.

Ces mesures libérales ont été couronnées de succès, les demandes d'achat de terrains sont devenues nombreuses; enfin, au lieu de faire porter l'impôt sur l'huile, on prendra pour base une évaluation de la récolte encore sur l'arbre. La majeure partie des olives est en Tunisie vendue chaque année aux enchères par une Commission composée de notaires et d'experts qui se transporte d'olivette en olivette; au moment de la vente le montant de l'impôt sera établi, puis le propriétaire ou l'exploitant seront libres de porter leurs olives où bon leur semblera; ils n'auront plus à attendre les presses insuffisantes des moulins arabes, et la qualité de l'huile sera améliorée.

Dans cette nouvelle organisation l'état cesse d'intervenir dans la culture ; il ne prend qu'une fraction de la somme versée au propriétaire qui a tout intérêt, en faisant prospérer son olivette, à obtenir une récolte aussi forte que possible.

Il suffit de passer quelques jours en Tunisie pour voir combien ce pays se prête à ces cultures arbustives ; dans la région septentrionale que parcourt le chemin de fer qui relie l'Algérie à la Régence, les oliviers sauvages abondent au milieu des bois que traverse la ligne. Au sud, tout autour de Sousse, les oliviers sont nombreux ; mais quand on s'enfonce dans l'intérieur, qu'on se dirige, par exemple, vers Kerouan, on n'en trouve plus; on parcourt pendant des heures une grande plaine verte absolument déserte; rarement, bien rarement se dessine dans le lointain la silhouette de quelques chameaux portant une maigre charge; puis la solitude recommence ; la terre cependant n'est pas stérile; au printemps elle est absolument couverte de verdure et pour produire n'attend que du travail.

A voir cet abandon, on se prendrait à douter de la richesse de l'ancienne province romaine ; mais quand on visite la grande mosquée de Kerouan, on reste convaincu que les anciens auteurs n'ont rien exagéré; quand on a franchi une grande cour carrée, bordée à l'intérieur d'une série d'arcades et qu'on pénètre dans l'édifice, on est frappé d'étonnement : un nombre prodigieux d'arceaux s'aligne régulièrement, soutenu par une forêt de colonnes. En quelques instants on est convaincu qu'elles n'ont pas été taillées pour servir dans l'édifice qu'elles soutiennent aujourd'hui; elles sont essentiellement disparates. Quelques-unes, trop hautes, ont été sciées, et leur fût, dépouillé des ornements de la base, repose directement sur le sol; d'autres, trop courtes, s'appuient sur un dé de pierres.

Les chapiteaux corynthiens, composites, accusent sans conteste leur origine. Ces colonnes appartenaient à des monuments romains semblables à ceux qu'on trouve encore debout à Douagga ou à Lambessa ; or, pour avoir fourni à la mosquée de Kerouan le nombre prodigieux de colonnes qu'elle renferme, il fallait que les édifices luxueux fussent très communs dans la province ; ils n'ont pu être élevés que par un peuple arrivé à un haut degré de prospérité, et leurs nombreux vestiges, accumulés dans cette mosquée, témoignent du degré élevé de civilisation auquel était arrivée la Tunisie pendant la grande paix romaine.

Quand les Arabes envahirent le pays, ils firent un immense butin; « l'un des chefs de bande Abdallah ben Saad ayant demandé d'où venaient tant de richesses, un habitant ramassa une olive : De là dit-il. »

Dans l'antiquité, l'huile d'olive servant à la fois à l'alimentation et à l'éclairage était consommée en plus grande quantité qu'aujourd'hui ; aussi ne suffit-il plus actuellement de faire de l'huile, il faut la faire excellente ; à cette condition, facile à remplir avec une bonne culture, des moulins européens bien outillés, les débouchés s'ouvriront, et la Tunisie, couverte d'oliviers, verra reparaître la prospérité qu'ont anéanti douze cents ans d'incurie arabe.

P.P. Dehérain,
de l'Académie des Sciences.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Cels (Jules), *Ancien élève de l'Ecole normale supérieure, Agrégé des sciences mathématiques* : **Sur les équations différentielles linéaires ordinaires.** *Thèse de doctorat soutenue devant la Faculté des Sciences de Paris. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins, Paris, 1891.*

La thèse de M. Cels est [illegible]

[illegible] que le même calcul, modifié à peine, [illegible] Lagrange, mais [illegible] précisément E. L'auteur construit ces diverses adjointes et établit des relations entre les solutions des diverses équations $E, E_1, \ldots, E_p$.

Chacun des p procédés, qui [illegible] à E_p, répété indéfiniment et [illegible] autres fournit une infinité d'équations transformées [illegible] solution particulière pour une transformée quelconque assure celle d'une solution de E, sans qu'on ait besoin [illegible]

[illegible]

L'auteur traite par sa méthode l'équation généralisée de Gauss [illegible] l'équation généralisée de Bessel : plusieurs [illegible] intéressants sont énoncés, notamment en ce qui concerne les solutions rationnelles et les solutions entières. [illegible] s'y attendre, un [illegible]

[illegible]

Léon Autonne.

Mouret [illegible] — **L'égalité mathématique** — [illegible]

[illegible]

une théorie nouvelle de la connaissance, que l'auteur applique, en particulier, à la notion de l'égalité, en prenant comme exemple la force, la masse, la température et la quantité de chaleur. — L'article de M. Mouret est remarquable, tout d'abord, par le soin que prend l'auteur de préciser la signification des mots [illegible] : voilà un procédé peu habituel aux philosophes ; il est vrai que les discussions seraient trop courtes si l'on savait toujours bien sur quoi l'on discute.

Dès la troisième page, M. Mouret est amené à se demander : Qu'est-ce que la Logique ? Et il arrive à conclure que ce qu'on enseigne généralement en France sous le nom de Logique ne correspond pas au sens de ce mot. Pour lui, la Logique a pour objet l'étude des objets extérieurs de la connaissance, considérés indépendamment de leur nature particulière, c'est-à-dire l'étude des relations et des concepts généraux. Le but à obtenir est de ramener les formes de la connaissance aux notions fondamentales dont l'étude est du domaine de la psychologie. Appliquée à une science en particulier, l'analyse logique doit permettre de ramener toutes les notions de cette science aux concepts primordiaux, communs à toutes ces sciences, savoir : l'ordre, le nombre, l'espace et le temps.

Il n'est pas possible de résumer en quelques lignes les pages que M. Mouret emploie à préciser le sens qu'il faut attribuer aux mots *relation* et *concept*, et à indiquer, en les illustrant au moyen d'une élégante représentation géométrique, quelles sont les conditions qui doivent être remplies pour qu'il existe une relation [illegible] termes donnés.

Ces quelques pages contiennent une [illegible] vestigation des plus originales, qu'il [illegible]

[illegible]

Georges Charpy.

2° Sciences physiques.

Thomson (Sir W.), **Popular Lectures and Addresses, T. I. Constitution of Matter** (*Constitution de la matière*) ; (*Prix : 9 fr. 50*). *Macmillan, and C°, Bedford Street, Covent Garden, Londres*, 1891.

C'est une véritable bonne fortune de trouver rassemblés en un volume ces discours de haute science sous forme populaire, dans lesquels une admirable imagination, guidée par un savoir immense, s'est donnée libre carrière. Beaucoup de ces discours ont jeté dans la physique des idées nouvelles, qui ont rapidement conquis le droit de cité et sont devenues le point de départ d'importantes recherches.

Ce premier volume, qui sera suivi à bref délai d'un second (le troisième vient déjà de paraître), est consacré presque entièrement à la constitution de la matière; il débute par un discours sur *l'attraction capillaire;* on y trouve, en particulier, des diagrammes calculés par M. J. Perry d'après la méthode de sir W. Thomson, et représentant la forme d'équilibre de diverses surfaces libres; il est suivi de courtes notes complémentaires, venues postérieurement à l'esprit de l'auteur, puis de trois importants appendices : Sur certains mouvements que l'on observe à la surface du vin — gravité et cohésion — sur l'équilibre de la vapeur au voisinage d'une surface liquide courbe, — enfin une note de lord Rayleigh : mesure de la quantité d'huile nécessaire pour arrêter les tourbillons du camphre. La troisième de ces notes, on le sait, est fondamentale. Dès ce premier discours on voit paraître une notion que l'on retrouvera en plusieurs endroits, celle des forces inter-moléculaires et des sphères d'action, utilisée plus loin pour la détermination de la grandeur des molécules.

Dans la seconde conférence, consacrée aux unités électriques (1883), nous trouvons émise pour la première fois cette idée du retournement du problème qui conduit à déduire l'unité de temps de la constante v; les idées qui y sont exposées ont fait trop de chemin pour qu'il soit nécessaire d'entrer dans leur détail.

Le discours sur le *démon classeur* n'est donné qu'en résumé. « Ce démon peut, à son gré, arrêter, ou frapper, ou presser, ou tirer chaque atome de matière, et modifier le cours naturel de son mouvement. Il ne peut ni créer ni annuler de l'énergie, mais il peut, comme un animal vivant, en emmagasiner et la rendre quand il lui plaît. En opérant par sélection sur les atomes individuels, il peut renverser la dissipation naturelle de l'énergie, peut chauffer la moitié d'un vase plein d'air ou d'un barreau de métal, tandis que l'autre se refroidit. » Bref, si ce petit démon bienfaisant existait, il nous protégerait contre l'incessante dégradation de l'énergie; ce raisonnement par antithèse nous fait comprendre mieux qu'aucun autre le principe de cette dégradation.

L'Elasticité considérée comme un mode possible de mouvement (1881), et les *pas vers une théorie cinétique de la matière* (1884) laissent entrevoir cette synthèse future des propriétés de la matière, expliquées par le mouvement. En ce qui concerne l'élasticité, l'analogie est fort attrayante. Une chaîne fermée, que l'on fait tourner rapidement, prend l'aspect d'un anneau rigide parfaitement élastique... Nous ne pouvons que mentionner rapidement les discours sur : *Les Six Chemins de la connaissance*, — autrement dit les six sens, le toucher étant remplacé par le sens de la force et le sens de la température — la *Théorie ondulatoire de la lumière, la Chaleur solaire*, pour en venir au discours fondamental *sur la grandeur des atomes* (1883); c'est dans ce mémoire que sont indiquées les méthodes au moyen desquelles nous pouvons fixer les limites de grandeur des molécules. Cette grandeur est déduite dans l'un des procédés de la chaleur de combinaison du cuivre et du zinc, comme due à une action électrique; nous ne pourrions mentionner les autres sans entrer dans trop de détails. La conclusion, qui a été confirmée par les estimations ultérieures, est que la distance moyenne entre les centres de deux molécules voisines est comprise entre $\frac{1}{500}$ et $\frac{1}{10000}$ de micron. « Supposons un globe d'eau ou de verre de la grosseur d'un football (15 cm) amplifié jusqu'à la grosseur de la terre, chaque molécule étant agrandie dans la même proportion. Les sphères ainsi obtenues seront probablement plus grosses que de la grenaille, mais plus petites qu'un football. »

Si maintenant nous voulions caractériser la « manière » de l'auteur, nous dirions que l'on chercherait en vain, d'un bout à l'autre du livre, des préoccupations littéraires ou oratoires; la causerie, rendue sans retouches, est familière et vive à la façon anglaise; l'auteur n'hésite pas à revenir sur ses pas lorsqu'un raisonnement, plus convaincant que les autres lui vient tardivement à l'esprit; heureux ceux qui peuvent se permettre de ces charmantes négligences, qui donnent à la lecture l'impression d'une singulière fraîcheur; ici, au risque de nous voir traité d'impertinent, nous dirons que le système est parfois poussé un peu loin. Dans le discours sur la grandeur des atomes, l'auteur montre une difficulté de la théorie de Cauchy, qu'il croit pouvoir expliquer. « Il n'y a pas encore dix-sept heures, dit-il, que j'ai vu la possibilité de cette explication. Je crois la voir très clairement, mais, dans ces conditions, vous m'excuserez de ne pas entrer dans plus de détails. » Le lecteur, en cet endroit comme en quelques autres, n'est-il pas en droit de désirer une petite retouche, indiquant ce qu'ont enseigné les années écoulées entre la publication sténographique de la conférence et sa rédaction définitive?

Ch.-Ed. Guillaume.

E. de Montserrat et E. Brisac (MM.). — **Le gaz et ses applications (éclairage, chauffage et force motrice.)** — *Un volume cartonné, in-18, 366 p. avec 86 figures (4 fr.). Paris, J.-B. Baillière et fils*, 1891.

La bibliothèque des connaissances utiles de MM. J.-B. Baillière et fils vient de s'enrichir d'un nouveau volume qui sera apprécié, parce qu'il est écrit par des hommes compétents et qu'il renferme beaucoup de choses. Ses auteurs sont des ingénieurs de la Compagnie parisienne du gaz; mieux que tous les autres, ils étaient à même d'écrire l'histoire du gaz, de ses progrès et de ses multiples applications. Après une étude technique sur les procédés de fabrication, ils passent en revue les divers brûleurs dont ils comparent le pouvoir éclairant et le rendement; puis ils décrivent les meilleurs appareils de chauffage, sans oublier les rôtissoires au gaz. Un chapitre de 40 pages est consacré aux moteurs à gaz : c'est bien court et par suite trop incomplet, mais il sera aisé de combler cette lacune en seconde édition.

A. Witz.

Istrati (C. I.). *Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Bucharest.* **Curs elementar de Chimie.** (*Cours élémentaire de Chimie.*) *1 vol. gr. in-8° (5 fr.) Carol Göbl, strada Doamnei, 16, Bucarest*, 1891.

Lorsque la Convention nationale entreprit la tâche d'organiser en France l'enseignement élémentaire, Lakanal se plaignit fort des livres que divers auteurs composèrent à cette occasion : « Les citoyens, disait « l'illustre conventionnel, qui ont travaillé à ces « ouvrages ont confondu deux objets très divers : des « *élémentaires* avec des *abrégés*. Resserrer, coarcter un « long ouvrage, c'est l'*abréger*; présenter clairement « les premiers germes et, en quelque sorte, la matinée « d'une science, c'est l'*élémenter*; il est facile de faire « un *abrégé* de Mézerai, tandis qu'il faudrait un Condillac pour écrire les *éléments* de l'histoire. »

Je crois qu'on peut, sans se tromper, féliciter le jeune professeur de Bucarest d'avoir su éviter l'*abrégé* et de nous avoir donné un excellent traité *élémentaire* de chimie.

Elève distingué de M. Friedel, connu du monde chi-

mique par une brillante thèse de doctorat et par la découverte récente de ces belles matières colorantes, auxquelles, pour faire honneur à notre pays, il a donné le nom de *Francéines*, M. Istrati a exposé avec un indiscutable talent de professeur les principes fondamentaux de la théorie atomique, aujourd'hui enseignée partout. Il a montré ainsi que cette exposition était susceptible d'être faite d'une façon simple et avec une grande clarté.

Après avoir donné d'abord une classification générale des sciences, pour montrer plus précisément la place occupée par la chimie dans l'ensemble des connaissances humaines, l'auteur expose les propriétés générales de la matière, définit les atomes et les molécules, les corps simples et composés, et arrive tout de suite à la notion du poids atomique après avoir insisté sur les *valences* des divers atomes. La Thermochimie et ses lois sont ensuite présentées en quelques pages, pour être suivies des *lois des combinaisons*, dont l'exposé termine cette introduction.

La chimie des métalloïdes commence aussitôt. Ici, l'auteur a quelque peu rompu, fort heureusement d'ailleurs, avec la tradition et le mode d'enseignement consacré par icelle. C'est *par familles* qu'il étudie les corps, en décrivant simultanément les composés analogues. Ainsi, aussitôt après l'hydrogène, sont traités le fluor, le chlore, le brome, l'iode. Un tableau récapitulatif et comparatif de leurs propriétés est placé à la fin du chapitre.

Dans le paragraphe suivant, M. Istrati étudie, toujours simultanément, les quatre hydracides, fluorhydrique, chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique; nouveau tableau d'ensemble pour récapituler cette étude ; et ainsi de suite pour toutes les familles et les groupes des corps analogues.

On voit immédiatement ce que cet ordre a de rationnel. C'est la chimie mise à sa place et sortie du rang des sciences mnémotechniques comme la botanique. On fait appel au raisonnement de l'élève au lieu de faire appel à sa mémoire, ce qui est infiniment préférable.

Partout aussi, les formules *de constitution* sont données à côté des formules *brutes*. La manière dont les atomes se combinent entre eux saute ainsi aux yeux ; en outre dans ces formules, M. Istrati a inscrit en caractère plus gros le symbole de l'atome principal, qui attire ainsi l'attention du lecteur et apparaît immédiatement comme le centre du groupement. La chimie des métaux est traitée dans le même esprit. Après la chimie minérale et avant la chimie organique, l'auteur a exposé succinctement la théorie de M. Mendeléeff, et a donné le tableau des *périodes* proposées par le savant russe. Les récentes découvertes de M. Lecoq de Boisbaudran et de M. Winkler rendent très intéressantes ces vues sur les groupes naturels des corps simples, et il était tout naturel de les indiquer aux élèves.

La chimie organique occupe les $\frac{4}{9}$ de l'ouvrage environ ; elle est traitée de main de maître ; la compétence particulière de l'auteur s'y devine à chaque pas, ainsi, du reste, que l'esprit général de notre école atomique française dont M. Friedel est le chef incontesté.

C'est à lui que M. Istrati a dédié son livre, en ajoutant au-dessous de sa dédicace : « *ca semn de recunuscinta, si admiratiun, si in acelas timp ca omagiu adus sciintei franceze, care a contribuit atat de mult la desvoltarea nostra intelectuala.* » C'est un bel hommage rendu à notre Sorbonne, dont les douze professeurs de la Faculté des Sciences de Bucarest sont d'ailleurs d'anciens élèves. En terminant, j'ajouterai un dernier mot : il serait à souhaiter qu'un ouvrage aussi excellent fût traduit en français. La traduction aurait certainement autant de succès que l'original, écrit dans cette belle langue roumaine, que l'auteur a su assouplir au style élégant, clair et sobre, qui convient à une œuvre scientifique.

Alphonse Berget.

3° Sciences naturelles.

Sauvageau (C.). — Sur les feuilles de quelques Monocotylédones aquatiques. — *Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris. Ann. des Sc. nat. G. Masson*, 120, *boulevard Saint-Germain*, *Paris*, 1891.

M. Sauvageau, qui est déjà bien connu des botanistes par les nombreuses notes qu'il a publiées sur les Monocotylédones aquatiques, a entrepris la tâche longue et difficile d'étudier, au point de vue anatomique et en une sorte de monographie, les plantes formant la classe des *Fluviales* d'Ad. Brongniart; c'est une partie seulement de ce vaste sujet qu'il traite aujourd'hui dans sa thèse. Cette étude générale ne sera pas seulement intéressante au point de vue de l'extension de nos connaissances en Anatomie générale ; mais elle pourra encore nous éclairer sur un certain nombre de questions qu'il sera très intéressant d'élucider.

En premier lieu, dans quelle mesure les caractères anatomiques peuvent-ils aider à la classification? En effet, si les Fluviales ont certains caractères communs qui les réunissent, elles offrent aussi des caractères importants qui les séparent, et dès lors, il y a lieu de se demander si ce groupe n'est pas constitué par des plantes d'origine très différente, qui se seraient adaptées peu à peu à la vie aquatique et auraient ainsi acquis les caractères communs par où elles sont maintenant rapprochées. L'étude histologique complète des Fluviales et des Monocotylédones voisines permettra seule de résoudre ce problème.

En second lieu, tous les botanistes descripteurs savent combien il est difficile de déterminer les plantes aquatiques, surtout les espèces exotiques, sur des échantillons dépourvus le plus souvent des organes de fructification et presque toujours constitués par des fragments de tiges feuillées; de cette difficulté même il est résulté une synonymie très compliquée, à tel point que la même plante a pu recevoir jusqu'à dix noms différents. Il y a donc un grand intérêt à savoir s'il est possible à l'aide de l'anatomie de faire, sur de simples fragments, une détermination spécifique rigoureuse. Enfin, en dernière analyse, quel peut être le degré d'influence exercé par le milieu sur la structure?

Pour mener à bien l'œuvre dont nous venons de donner un aperçu sommaire, M. Sauvageau se propose de faire successivement la description anatomique de chacun des groupes de cette classe, en étudiant pour chacun d'eux les différents organes végétatifs de la plante : tige, feuille et racine. Le mémoire de première importance qu'il vient de nous donner comprend l'étude complète et détaillée d'un seul organe, la feuille, considéré dans la famille des *Potamogétonacées* d'Ascherson ; cette étude, qui est faite surtout dans le but de rechercher des caractères histologiques assez constants pour caractériser les différentes espèces, a cependant permis à son auteur d'observer, chemin faisant, quelques faits intéressants et d'un caractère général dont il sera fait mention plus loin.

L'auteur consacre un chapitre spécial à l'étude de chaque groupe, ce qui facilitera beaucoup les recherches et les comparaisons des botanistes désireux de contrôler leurs déterminations à l'aide des caractères histologiques ; on y trouve aussi un chapitre relatif à l'étude des stomates des feuilles aquatiques et un autre traitant des échanges liquides. Les 8 genres que renferme la famille des Potamogétonacées sont successivement passés en revue avec la plupart des espèces qu'ils renferment. Pour chaque genre, on trouve une étude minutieusement détaillée de l'une des espèces, ce qui permet d'être beaucoup plus bref dans la description des autres, puisqu'il suffit alors d'insister quelque peu sur les caractères différentiels de ces espèces. Dans chaque espèce, l'auteur étudie, non seulement la feuille végétative proprement dite, mais encore la préfeuille et la *feuille spathe* dans les groupes où elle existe (*Zostérées*) ; pour chacun de ces organes, il note le nombre des nervures, la constitution des

faisceaux libéro-ligneux, la manière d'être du parenchyme et des canaux aérifères, la distribution des fibres scléreuses, l'absence ou la présence de diaphragmes perforés dans les canaux aérifères, l'absence ou la présence des cellules sécrétrices, etc. Ajoutons enfin que tous ces éléments sont examinés dans le limbe, la gaine, la ligule et le pétiole.

Signalons maintenant les résultats les plus intéressants de ce mémoire. En premier lieu, il est possible de déterminer spécifiquement les plantes de cette famille par l'examen histologique de la feuille. Cette méthode est pour le moment inapplicable aux *Potamogeton*, car elle donne pour ce genre des résultats incertains, mais il y a lieu de penser que le problème pourra être résolu, quand à l'étude de la feuille viendra s'ajouter celle de la tige, et au besoin celle de la racine. M. Sauvageau a pu encore différencier l'*Althenia filiformis* de l'A. *Barandonii* que les floristes avaient confondu dans ces derniers temps. — Les diaphragmes qui cloisonnent les canaux aérifères ont, dans tous les cas, même structure et même origine. — L'épiderme des plantes marines n'est pas, comme on l'a cru jusqu'ici, la seule assise chlorophyllienne; on trouve aussi de la chlorophylle dans les cellules du parenchyme. — Dans un certain nombre de genres (*Posidonia*, *Ruppia*, *Cymodocea*, etc.), on trouve des cellules sécrétrices dont le contenu paraît être une matière tannique. — Le bois des faisceaux des feuilles pétiolées des *Potamogeton* est tout à fait particulier : il se compose de deux sortes de bois primaire qui sont différentes comme origine, comme structure et comme mode de disparition. — Le système mécanique, contrairement à l'opinion généralement acceptée, subit très incomplètement l'action modificatrice du milieu, car il prend dans certaines espèces un développement très important. — Les stomates qui manquent généralement dans les feuilles submergées, se rencontrent dans les feuilles de quelques espèces; s'ils ne sont pas utiles à la plante, ils ne lui sont pas nuisibles ainsi qu'en témoignent les expériences faites à ce sujet par l'auteur. Au reste, quand un index de liquide pénètre dans un canal aérifère, la plante se protège en subérifiant la membrane des cellules du canal en contact avec l'index de liquide. — Jusqu'ici on n'avait jamais signalé l'existence d'une communication entre la nervure médiane et le milieu extérieur; cependant chez un grand nombre d'espèces, les cellules épidermiques du sommet de la feuille tombent, et la nervure médiane s'ouvre réellement au sommet de la feuille: c'est *l'ouverture apicale*. Ce fait a conduit l'auteur à prouver l'existence d'échanges liquides entre les plantes aquatiques et le milieu ambiant, de sorte qu'elles sont parcourues par un courant d'eau analogue au courant d'eau de transpiration des plantes terrestres; cette constatation des plus intéressantes n'avait jamais été faite jusqu'ici.

Après l'énumération des résultats importants et nombreux de cet excellent mémoire, il me paraît bien inutile d'en faire ressortir davantage l'incontestable valeur. C'est là un travail longuement et consciencieusement mûri, auquel l'auteur n'a pas craint de consacrer plusieurs années, et qui se recommandera de lui-même à l'attention de tous les botanistes sérieux; nous sommes d'autant plus heureux d'en faire l'éloge que depuis quelque temps, il faut bien l'avouer, les thèses de Botanique n'ont pas été très brillantes, comme les lecteurs de la *Revue* ont pu en juger. J. Hérail.

Roché (Dr Georges). — **Contribution à l'étude de l'Anatomie comparée des réservoirs aériens d'origine pulmonaire chez les Oiseaux.** *Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris.* Ann. des Sc. nat., Masson, 1891.

Jusqu'ici tous les travaux consacrés à l'étude anatomique de l'appareil aérifère des Oiseaux, n'ont intéressé qu'un très petit nombre d'espèces. Il est vrai que M. Sappey avait donné une excellente description de cet appareil chez le Cygne et le Canard, que Campana avait fait une étude minutieuse des sacs aériens du Poulet; mais ces travaux ne pouvaient évidemment avoir une portée très générale, et l'anatomie comparée de ce groupe d'organes restait entièrement à faire.

C'est ce qui ressort de l'aperçu historique, consciencieux dont M. G. Roché a fait précéder son travail.

Avec les anciens procédés de dissection, il eût été à peu près impossible d'entreprendre une pareille tâche, et c'est ce qui a amené l'auteur à instituer une technique nouvelle, qui lui a permis d'injecter toutes les vésicules aérifères d'un Oiseau sous une même pression et dans des conditions identiques. Ainsi, il a pu connaître la forme, les capacités relatives, les rapports des différents sacs aériens d'un même animal et les variations de ces sacs suivant les divisions zoologiques et les conditions biologiques des différents Oiseaux.

Grâce à cette méthode rigoureuse, il a été relativement facile à l'auteur d'étudier l'appareil aérien d'un très grand nombre d'individus, et l'on peut voir, d'après les descriptions qu'il fournit, que ces recherches anatomiques apportent à la diagnose zoologique de sérieux et utiles renseignements.

Au cours de son travail, il a été amené à envisager le problème de l'aération sous-cutanée, question encore controversée jusqu'à ce jour, en dépit des importants travaux auxquels elle a donné lieu. M. Georges Roché a démontré d'une façon définitive la présence de lacunes aérifères sous-cutanées, et en a même étudié les variations avec la place zoologique et le genre de vie des êtres considérés.

L'étude des modifications anatomiques enfin, suivant les conditions biologiques des Oiseaux, dans leurs organes aérifères, l'a amené à quelques remarques curieuses sur le fonctionnement de ceux-ci.

Bien que l'auteur se défende de vouloir élever une théorie anatomique de ce fonctionnement, et qu'il laisse à la physiologie expérimentale le soin d'éclairer cette délicate question, il montre que toutes nos connaissances sur ce sujet étaient au moins improvisées, sinon fausses, et que, sans l'étude de l'anatomie comparée des réservoirs aériens, il était impossible d'en entreprendre l'examen physiologique.

La classe des Oiseaux constituant un groupe beaucoup plus homogène que la classe des Mammifères ou celles des Reptiles, on admettait volontiers que les notions fournies par l'étude monographique de certains types étaient applicables aux autres types du même groupe et, par suite, que la structure et les fonctions des Oiseaux étaient suffisamment connues. Le mémoire de M. Roché, qui a valu à son auteur le titre de Docteur ès sciences naturelles, montre que c'était là une idée complètement erronée, et qu'il était téméraire de tirer des déductions générales de quelques notions isolées ou incomplètes. En même temps, ce travail, l'un des plus considérables qui aient été publiés dans ces derniers temps sur l'anatomie et la physiologie des Oiseaux, fournit au zoologiste des éléments nouveaux pour la classification intérieure d'un groupe dont la distribution présente de sérieuses difficultés et dont les divisions n'ont été que trop souvent établies sur des caractères d'une importance secondaire.

E. Oustalet.

4° Sciences médicales.

Bureau. — **Guide pratique d'accouchements.** (*prix:* 6 *fr.*) *Société d'éditions scientifiques, rue Antoine-Dubois, Paris*, 1892.

Exposé critique des meilleures méthodes de traitement usitées en obstétrique. Avant de présenter la thérapeutique, l'auteur rappelle brièvement, à propos de chaque cas particulier, les principaux caractères cliniques, c'est-à-dire qu'il s'agit là d'un livre essentiellement pratique. L'ouvrage se divise en cinq parties : 1° de la conduite à tenir pendant la grossesse; 2° pendant l'accouchement; 3° dans les cas de dystocie; 4° dans les suites de couches; la cinquième partie

est un abrégé de la technique opératoire obstétricale.

Dr Henri Hartmann.

Sollier (Dr Paul). **Psychologie de l'Idiot et de l'Imbécile.** *in-8, III* — 276 *pages avec* 12 *planches hors texte* (5 *francs*). — *F. Alcan, éditeur*, 108, *boulevard Saint-Germain, Paris*, 1891.

Le livre de M. Sollier était destiné à combler une importante lacune de notre littérature médicale. On s'est peu occupé jusqu'ici, du moins en France, d'analyser l'état mental des idiots et des imbéciles; on n'a que très rarement songé à tirer parti des matériaux considérables que leur étude pouvait fournir à la psychologie expérimentale, et c'était rendre un véritable service que d'attirer de ce côté l'attention des psychologues. M. Sollier l'a compris et il faut lui être reconnaissant d'avoir entrepris de nous donner un tableau d'ensemble de la vie mentale des dégénérés inférieurs. C'était là une tâche très difficile et qu'on ne pouvait guère espérer mener à bien en un premier essai. Il aurait fallu pour interpréter exactement les phénomènes une connaissance approfondie de la psychologie normale et en particulier de la psychologie physiologique qu'il serait injuste d'exiger de M. Sollier. Il est plus familier, et cela est tout naturel, avec la clinique qu'avec les méthodes analytiques de la psychologie; il se meut avec aisance au milieu des théories contemporaines sur le mécanisme de la volonté, de l'attention ou du jugement, mais il semble qu'il en ait une connaissance récente et comme extérieure. Il cite Ribot ou Binet comme les scolastiques du XIIIe siècle citaient Aristote et comme on cite encore aujourd'hui les autorités dans les séminaires. De là des longueurs, l'exposé très inutile parfois de lois psychologiques, familières à tous les hommes du métier, et qu'on irait chercher, s'il en était besoin, dans les traités élémentaires ou les monographies classiques. Le caractère spécial de cet ouvrage (c'est la thèse inaugurale de M. le Dr Sollier) peut probablement expliquer les vices de composition qu'il renferme, et je ne doute pas qu'ils ne disparaissent d'une seconde édition. M. Sollier a été, comme tous ceux qui se sont occupés de la question, très embarrassé pour donner une définition de l'idiotie. Voici celle à laquelle il s'est arrêté : « L'idiotie est une affection cérébrale chronique, à lésion variée, caractérisée par des troubles des fonctions intellectuelles, sensitives et motrices, pouvant aller jusqu'à leur abolition presque complète et qui n'emprunte son caractère spécial, particulièrement en ce qui concerne ces troubles intellectuels, qu'au jeune âge du sujet qu'elle frappe. » C'est, on le voit, une définition très générale et qui par sa généralité même semble soustraite à toutes les objections. Mais elle nous apprend bien peu de choses et ne peut servir à différencier l'idiot de l'imbécile. Il est un point cependant que M. Sollier a signalé et sur lequel il eût insisté utilement, c'est qu'il faut se garder de considérer l'idiotie ou l'imbécillité comme de simples arrêts de développement; l'idiot n'est pas un homme resté enfant, c'est un malade comme l'aliéné; les troubles moteurs et sensoriels dont il est le sujet, le montrent assez clairement: c'est un dégénéré. M. Sollier a réparti en trois classes les malades dont il s'occupe : Idiots absolus, Idiots simples, Imbéciles. Je ne m'arrêterai pas à faire la critique de ces dénominations qui auraient pu être mieux choisies : absolu et simple sont deux termes qui s'opposent mal l'un à l'autre; mais ce sont de simples étiquettes destinées à désigner tel ou tel groupe d'individus. M. Sollier a adopté comme principe de sa classification l'état de l'attention chez les malades qu'il étudie; l'idiotie absolue est caractérisée d'après lui par l'impossibilité de l'attention, l'idiotie simple par la faiblesse et la difficulté de l'attention, l'imbécillité par son instabilité. C'est à un phénomène à la fois complexe et dérivé que s'est attaché M. Sollier; aussi sa classification est-elle arbitraire en quelque mesure et en tous cas empirique. L'attention est un résultat : elle dépend de l'état des sensations, des images et des réactions motrices; sa faiblesse ou son instabilité peuvent provenir de causes très diverses : y a-t-il rien de commun par exemple entre l'inattention du dément et celle du maniaque? Il semble donc que M. Sollier se soit exposé à réunir en un même compartiment des malades dont les anomalies psychiques soient très différentes; s'il en est ainsi, sa classification n'aurait plus qu'une valeur pratique ; c'est au reste en vue de l'éducation des idiots et sur les indications des instituteurs qu'elle semble avoir été faite. A en juger par cette classification, les imbéciles seraient de très proches parents des idiots simples; la faiblesse et l'instabilité de l'attention sont en effet choses très voisines et qui tiennent souvent aux mêmes causes ; mais dans un autre passage de son livre (p. 266), M. Sollier oppose les idiots et les imbéciles. « L'idiot est, avant tout, un être incapable d'actions et d'idées. C'est un individu *incomplètement* développé. L'imbécile est au contraire un individu *anormalemnt*, irrégulièrement développé, capable d'actions et d'idées qui forcément sont anormales pour la plupart, comme le cerveau qui les élabore. L'idiot peut présenter une certaine sensibilité affective, durable; l'imbécile est égoïste, souvent méchant, même pour ceux qui lui font du bien. L'idiot agit plus sous l'influence de la douceur, l'imbécile sous celle de la crainte; l'un est timide, l'autre arrogant; l'un est capable de travailler, l'autre est un paresseux endurci; l'un est bon, l'autre est mauvais. Chez l'un le raisonnement est faible, chez l'autre il est faux; chez le premier, la volonté est faible, chez le second, elle est instable. L'idiot n'est guère suggestible, l'imbécile l'est beaucoup... Les idiots sont extra-sociaux, les imbéciles anti-sociaux. » Il y a sans doute des imbéciles et des idiots qui correspondent à la description de M. Sollier, mais il s'en faut beaucoup qu'elle puisse s'appliquer à tous les idiots et à tous les imbéciles; c'est une grande exagération que de prétendre que l'idiot est incapable de mouvements volontaires et que son intelligence est vide d'idées : il y a des idiots éducables, M. Sollier le sait mieux que personne; tous les imbéciles ne sont pas les êtres brutaux, méchants et ingouvernables que décrit M. Sollier : il en est de très doux et qui sont certainement beaucoup moins anormaux que certains idiots chez lesquels il existe des tics, des contractures, des paresthésies, qui constituent de véritables tares nerveuses et non pas de simples arrêts de développement. En réalité il n'y a pas de frontières nettes qui séparent les idiots des imbéciles, ni les imbéciles des débiles; tous sont à des degrés divers des déséquilibrés comme les dégénérés supérieurs. — Il a manqué un fil conducteur à M. Sollier dans cette analyse de l'état mental des imbéciles et des idiots; il l'aurait trouvé très probablement dans l'étude expérimentale des sensations et des réactions motrices simples des malades sur lesquels il faisait porter ses recherches. Ce qui fait le plus défaut à son livre, c'est une vue d'ensemble qui en relie les diverses parties; les variations de l'attention chez les malades lui ont servi à les répartir en diverses catégories, mais cette classification n'est pas une classification explicative; l'auteur semble souvent n'y pas songer et les différents chapitres de l'ouvrage sont simplement juxtaposés. En réalité, malgré son titre, le livre de M. Sollier est avant tout un ensemble de descriptions cliniques, d'ordinaire fort intéressantes et qui n'ont que le défaut d'être trop générales et un peu superficielles. Le chapitre qui est consacré au langage est peut-être le meilleur; les recherches sur l'écriture des idiots et des imbéciles méritent tout particulièrement d'arrêter l'attention. Il faut signaler aussi le chapitre VI qui traite des sentiments et qui renferme de très utiles et très intéressantes descriptions, et les remarques très curieuses que M. Sollier a faites sur les formes diverses de l'association des idées chez les dégénérés inférieurs. Le livre de M. Sollier rendra des services, malgré les vices de méthode que nous avons dû signaler, et les psychologues auront grand profit à le lire.

L. Marillier.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 7 décembre.

1° Sciences mathématiques. — M. A. **Markoff** : Sur la théorie des équations différentielles linéaires. — M. H. **Parenty** : Sur les modifications de l'adiabatisme d'une veine gazeuse contractée.

2° Sciences physiques. — M. G. **Hinrichs** indique comment on peut, suivant les principes de mécanique chimique exposés dans ses précédentes communications, calculer la température d'ébullition des éthers isomériques des acides gras. — M. H. **Moissan** répond à la réclamation de priorité formulée par M. A. Besson relativement à la découverte des phosphures de bore. — M. G. **Charpy** a étudié la variation de la tension de vapeur des solutions de chlorure de cobalt avec la température. La courbe représentative du phénomène est constituée par deux parties rectilignes raccordées par une partie curviligne; la couleur de la solution est rouge franc aux températures correspondant à la première partie rectiligne de la courbe, bleu franc aux températures correspondant à la seconde. Ces faits relatifs aux tensions de vapeur sont superposables à ceux observés par M. Etard relativement aux variations de la solubilité; ils comportent la même conclusion, à savoir l'existence de deux états stables pour le chlorure de cobalt dissout. — M. **Joannis** a constaté que le sodammonium et le potassammonium sont décomposés par divers métaux, notamment par le mercure, le plomb et l'antimoine; l'auteur étudie particulièrement l'action du mercure et celle du plomb en excès. — M. G. **Massol** a déterminé la chaleur de dissolution de l'acide malique actif anhydre, et les chaleurs dégagées dans la neutralisation de cet acide par la potasse et la soude; il a obtenu les malates neutres à l'état cristallisé. — M. **Léo Vignon** a étudié les pouvoirs rotatoires de scomposants de la soie; le *grès*, dissout dans une lessive de soude étendue, a donné une déviation $[\alpha]_D = -39°$; la fibroïne, dissoute dans l'acide chlorhydrique a donné une déviation $[\alpha]_D = -40°$. Ce pouvoir rotatoire varie peu par la dilution ou la neutralisation des solutions. La soie est donc lévogyre, comme toutes les matières albuminoïdes.

3° Sciences naturelles. — A propos de la communication de MM. Marcano et Müntz sur la quantité d'ammoniaque contenue dans l'eau de pluie à Caracas (Vénézula), quantité donnée comme plus élevée qu'en Europe, M. **Albert Lévy** fait remarquer que le chiffre choisi par les auteurs pour représenter la moyenne européenne est notablement trop bas. Beaucoup d'observateurs, et M. Albert Lévy lui-même ont obtenu une moyenne supérieure à celle trouvée par MM. Marcano et Müntz à Caracas. — M. N. **Wedensky** dans des recherches précédentes, avait établi que des excitations électriques très fréquentes et très fortes du nerf moteur mettent les muscles en état *d'inhibition*. Il a recherché dans quelle partie de l'appareil nervo-musculaire se produit cette inhibition. L'état inhibitoire peut être établi dans un muscle en portant directement les excitations sur ce muscle; mais cet effet est impossible à obtenir sur un muscle curarisé. Le phénomène avait donc son siège dans les plaques motrices. — M. J. **Bonnier** a recherché chez les *Orchestiidæ* la glande antennale, pour décider par la présence ou l'absence de cet organe très constant dans le groupe, si cette famille doit être, comme on le fait généralement, séparée des *Gammaridæ*. M. Bonnier a reconnu l'existence de cette glande antennale, mais elle n'est pas ce qu'a décrit sous ce nom chez le *Talitrus locusta* M. Y. Delage, qui aurait pris pour une glande et son canal excréteur un muscle et son tendon. — MM. G. **Pouchet** et H. **Beauregard** communiquent la liste des grands Cétacés échoués sur la côte française depuis 1885; le ministère de la marine a organisé un service d'informations spécial qui a permis de profiter de ces échouements pour enrichir les collections du Muséum de nombreuses photographies et pièces anatomiques. — M. A. **Giard** a continué l'étude du champignon parasite des Criquets pèlerins qu'il a décrit sous le nom de *Lachnidium acridiorum*. En variant les milieux de culture et en laissant vieillir ces cultures, il a obtenu des formes nouvelles de fructification, sur lesquelles il se fonde pour discuter la position systématique de cette espèce. — M. **Ed. Heckel** a observé dans les graines de l'*Araucaria Bidwilli* un mode de germination très particulier, dont on retrouve seulement quelques indices chez *A. Brasiliensis*. Quand la radicule est sortie des enveloppes de la graine, elle se renfle en un tubercule dans lequel passent peu à peu toutes les réserves de la graine et des cotylédons, qui restent coiffés des enveloppes; puis toute cette partie vidée est coupée par une zone subéreuse qui se forme à la base des cotylédons, et la gemmule reste seule attenante au tubercule radiculaire. Sous cette forme, la plantule est plus résistante que dans la graine; c'est pourquoi elle est généralement expédiée d'Australie en cet état.

Histoire des Sciences. — M. **Nordenskiold**, dans une lettre adressée à M. Berthelot, annonce qu'il a entrepris la publication des *Lettres et Mémoires* inédits de Scheele.

Mémoires présentés. La Chambre syndicale *de commerce en gros des vins et spiritueux de Paris et de la Seine* transmet à l'Académie un rapport sur le déplâtrage des vins; elle demande l'avis de la Compagnie sur l'emploi de la strontiane à cet usage. — M. **François** adresse un Mémoire relatif à un système de torpille automobile. — M. L. **Camescasse** soumet au jugement de l'Académie une note sur la suppression du postulatum d'Euclide.

Séance du 14 décembre

1° Sciences mathématiques. — M. H. **Poincaré** : Sur la distribution des nombres premiers. — M. R. **Liouville** : Sur les intégrales du second degré dans les problèmes de mécanique. — M. A. **Petot** : Sur une classe de congruences de droites. — M. le général **Venukoff** expose l'état actuel des travaux géodésiques et topographiques en Russie. — Mlle D. **Klumpke** : Observations de la planète Borelly (Marseille, 27 novembre 1891) faites à l'Observatoire de Paris.

2° Sciences physiques. — M. E. **Carvallo**, dans une précédente communication, avait montré que des équations du type Boussinesq-Helmholtz satisfont rigoureusement aux lois de la double réfraction en même temps qu'à la dispersion. Il montre aujourd'hui comment ces équations peuvent contenir aussi les lois de la polarisation rotatoire et de la dispersion. — M. H. **Bagard** propose comme étalon de force électromotrice un couple thermo-électrique constitué par deux liquides; en disposant dans un récipient de forme particulière un amalgame de zinc (contenant 0,0005 de zinc pour 1 de mercure) avec une solution de sulfate de zinc saturée à zéro, les contacts étant maintenus respectivement dans la glace fondante et dans l'eau bouillante, il obtient un couple impolarisable donnant une force électromotrice invariable de $0^{\text{volt}},1167$. — M. **Lecoq de Boisbaudran** rappelle qu'en l'année 1866, il adressait à l'Académie deux notes relatives à la sursaturation, qui ne furent pas insérées aux

Comptes-Rendus; il rappporte textuellement quelques passages de ces deux notes pour montrer que, dès cette époque, il avait reconnu que la sursaturation est un fait absolument général, indispensable à la cristallisation, et accompagnant tous les changements d'état. — Dans une précédente communication, M. **A. Etard** avait montré qu'il est de règle pour les sulfates que leur solubilité dans l'eau décroisse à partir d'une certaine température. Il a cherché si le sulfate de soude obéissait à cette règle, et il a reconnu en effet que la solubilité de ce sel, après avoir présenté les perturbations indiquées par Gay-Lussac, reste constante jusqu'à 230°, et décroît à partir de cette température. De la marche de la solubilité, il tire des conclusions sur l'état du sel en solution. Un hydrate parfaitement défini, mis en présence de l'eau, peut donner lieu à des phénomènes plus complexes que la simple dissolution de cet hydrate. Cette hypothèse est vérifiée par l'étude de la courbe de solubilité du chlorure de strontium $SrCl^2,6H^2O$, courbe qui présente une perturbation vers 60°, comme l'avait déjà indiqué Mulder. — M. **D. Berthelot**, étudiant par la méthode des conductibilités électriques l'état des sels alcalins de l'acide phosphorique en solutions étendues, a reconnu que les phosphates mono et bibasiques sont stables, tandis que le troisième équivalent de base est presque complètement dissocié. — M. **A. Recoura** a reconnu l'existence, pour le sesquioxyde de chrome, de deux variétés de même composition, mais de propriétés différentes, l'une verte, l'autre violette. Ces deux variétés sont complètement comparables à celles que l'auteur a signalées pour le sesquichlorure, et se produisent dans les mêmes conditions; — M. **G. André** a repris l'étude du composé BiO^3H, il pense qu'il faut le considérer réellement comme un acide bismuthique; il a réussi en effet à préparer des bismuthates de potassium, de composition plus constante que ceux signalés jusqu'à présent, et qui jouissent d'une certaine stabilité vis-à-vis de l'eau bouillante. — M. **C. Friedel** reprend, pour les exposer d'ensemble, ses recherches sur la constitution de l'acide camphorique, recherches démontrant que ce composé n'est pas un acide bibasique, mais qu'il a à la fois les fonctions acide, acétone et alcool tertiaire. C'est le voisinage de deux groupements fonctionnels CO^2H et CO et de l'oxhydrile alcoolique qui imprimerait à ce dernier un caractère acide particulièrement marqué. D'abord, une telle constitution permet de faire dériver facilement de la formule du camphre établie par M. Kékulé et généralement admise, une formule de l'acide camphorique, qui traduit bien les propriétés et les réactions de ce composé. Ensuite, il y a diverses réactions dans lesquelles l'acide camphorique se comporte comme un acide-alcool et non comme un acide bibasique, par exemple le virage de l'orangé Poirier, qui se produit quand on a ajouté à l'acide camphorique une seule molécule de potasse. Enfin, l'étude des éthers camphoriques fournit des preuves convaincantes. Il existe en effet pour chacun des acides camphorique ou isocamphorique deux éthers acides isomériques. M. Friedel a obtenu ces isomères, l'un en saponifiant par la potasse l'éther camphorique diéthylique, l'autre en combinant directement l'alcool à l'acide camphorique en présence d'HCl. Ces deux éthers ont des propriétés physiques distinctes, quoique voisines, mais l'un est saponifié très facilement par la potasse, tandis que l'autre résiste à cette saponification; les mêmes faits s'observent avec l'acide isocamphorique. — M. **P. Mahler** a établi de la façon suivante le bilan calorifique de la distillation en grand d'une houille; il a déterminé, d'une part, la chaleur de combustion de la houille, d'autre part, les chaleurs de combustion de tous les produits de la distillation et du coke; la somme des pouvoirs caloriques de ces produits accuse sur le pouvoir calorique de la houille un déficit d'environ 3,5 %. — M. **F. Garras** a obtenu par la cuisson à 1200° d'une pâte d'amiante pulvérisée une porcelaine translucide, à pores très fins; cette porcelaine fournit des filtres convenant très bien pour la stérilisation des liquides, car les micro-organismes ne la pénétrant pas, il suffit de laver extérieurement le filtre pour le nettoyer.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Gautier** et **R. Drouin**, à propos de la communication récente de MM. Schlœsing fils et E. Laurent sur la fixation de l'azote par les plantes, rappellent leurs travaux sur la fixation de l'azote par le sol, et après avoir comparé les deux séries de recherches, concluent comme ils le faisaient en 1888 : Les sols pourvus de matière organique, et ceux-là seulement, fixent l'azote libre ou ammoniacal de l'atmosphère, même en l'absence des plantes, et la matière organique qui existe dans tout sol arable est l'intermédiaire indispensable de cette fixation d'azote. — M. **de Bruyne** décrit le tissu conjonctif réticulé qu'il a observé dans la tunique musculaire de l'intestin de divers animaux, particulièrement de la grenouille et du cobaye; les cellules conjonctives anastomosées sont entremêlées étroitement avec les fibres musculaires lisses, et réunissent les éléments conjonctifs de la muqueuse à ceux de la séreuse à travers toute la paroi intestinale. — M. **L. Roule** décrit les premières phases du développement des crustacés édriophthalmes. — M. **R. Moniez** a reconnu dans un parasite de l'intestin de l'*Oxyrhina glauca* l'état parfait du *Gymnorhynchus reptans*, qui n'était jusqu'ici connu qu'à l'état enkysté dans les muscles et le foie de divers autres poissons. — M. **F. Regnault** a étudié chez les Hindous, où elle est très développée, la fonction préhensile du pied; il a reconnu que le gros orteil possède des mouvements étendus et énergiques d'adduction, d'abduction, d'élévation et d'abaissement, mais jamais d'opposition. — M. **de Quatrefages**, qui présente cette note, ajoute qu'elle clôt la discussion sur le prétendu gros orteil opposable de l'homme, et que cet argument ne peut plus être invoqué en faveur de l'origine simienne de l'homme. — M. **Bleicher** signale la présence de coquilles terrestres tertiaires dans le tuf volcanique de Limbourg (Kaiserstuhl, Grand-Duché de Bade). — M. **Duponchel** énonce sept principes, qui règlent la circulation des vents à la surface du globe.

Mémoires présentés. — M. **Fr. Lesska** adresse une note d'analyse mathématique. — M. **de Backer** adresse une note sur un nouveau procédé de conservation des matières organiques et sur les applications médicales qu'on en peut tirer. — M. **A. Fernandus** adresse une note relative à un mode de traitement des vignes phylloxérées. — M. **Léopold Hugo** adresse une note : Sur l'ancienne disparition (1886) de l'étoile nouvelle d'Andromède. — M. **Huber** adresse une note relative à la formation des anneaux de Saturne.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 24 novembre.

M. **Ed. Nocard** : Sur l'emploi de la tuberculine comme moyen de diagnostic de la tuberculose chez les animaux de l'espèce bovine. L'auteur, dans cette note, complète sa communication antérieure (voir la séance du 13 octobre 1891, p. 730) sur deux points importants. Ses nouvelles recherches en confirment d'abord les résultats, en montrant que la tuberculine permet de faire aujourd'hui avec une quasi-certitude le diagnostic de la tubercolose bovine, même dans le cas où la lésion est très limitée. Elles démontrent ensuite et surtout que les injections de tuberculine n'ont aucune influence sur la qualité ou sur la quantité du lait produit, ni sur l'issue de la gestation.

Séance du 1er décembre.

M. **Lereboullet** lit un rapport sur les remèdes secrets. — M. **Cornil** : Rapport sur le prix Portal. — M. **Ménière** donne lecure d'un mémoire sur les tumeurs adénoïdes. — M. **Chaumier** (de Tours) lit un travail sur

l'hystérie chez les nouveau-nés et les enfants au-dessous de deux ans.

Séance du 8 décembre.

Le Président annonce à l'Académie la mort de M. **Féréol**, secrétaire annuel, et celle de M. **Barthez**. Sur la demande du Président, la séance est levée en signe de deuil.

Séance du 15 décembre.

M. **Féréol** : Rapport général sur les prix décernés en 1891, lu par M. Bergeron. — M. **Le Président** : Proclamation des résultats des concours de 1891. Prix proposés pour 1892, 1893 et 1894. — M. **Cadet de Gassicourt** : Coup d'œil sur la médecine française au XIX[e] siècle.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 28 novembre.

M. **A. Chauveau** : Sur le circuit sensitivo-moteur des muscles. (Voir l'analyse de ce travail dans la *Revue* du 15 décembre, p. 804.) — MM. **Chamberlent** et **Saint-Hilaire** ont voulu vérifier expérimentalement si l'asphyxie hâte l'accouchement, conformément à l'opinion généralement admise. Une chienne prête à mettre bas a été mise de diverses manières en état d'asphyxie : l'avortement ne s'est pas produit. — M. **E. Bourquelot** : Sur la répartition des matières sucrées dans le Cèpe comestible (voir C. R. de l'Académie du 23 novembre, p. 798). L'auteur indique un procédé pour déceler la tréhalose dans l'extrait alcoolique des champignons ; il frotte une lamelle de verre avec un cristal de tréhalose, dépose au même point une goutte d'extrait et observe au microscope ; des cristaux caractéristiques apparaissent très facilement. — On sait que les courants d'induction appliqués au gastro-cnémien de la grenouille dans leur forme habituelle produisent une secousse musculaire plus vive à la rupture qu'à la fermeture du circuit inducteur. M. **Courtade** indique diverses manières de disposer les circuits pour obtenir soit l'égalité de la secousse à la clôture et à la rupture, soit une secousse plus forte à la clôture. Les effets physiologiques sont en raison de la vitesse des variations du potentiel. — M. **R. Blanchard** signale que le *Distoma heterophyes* de Bilharz, parasite de l'homme, vient d'être retrouvé en Egypte par M. W. Innès. — MM. **Abelous** et **P. Langlois** ont détruit les capsules surrénales chez la grenouille, par cautérisation ignée ; ils ont observé les faits suivants : la destruction des deux capsules surrénales entraîne fatalement la mort ; la durée de la survie paraît être en raison inverse de l'activité des échanges. Si on laisse subsister une des deux capsules, ou une partie notable d'une capsule, l'animal ne meurt pas. L'insertion sous la peau, après l'opération, des fragments de capsules, ou bien l'injection d'extrait aqueux des capsules retarde la mort. L'injection intra-veineuse du sang d'une grenouille mourante, à la suite de la destruction de ses deux capsules, à une grenouille chez laquelle on vient de détruire ces deux organes, entraîne une mort rapide. — M. **P. Langlois** a constaté par des recherches calorimétriques faites sur le cobaye que la section de la moelle produit une augmentation de la thermogénèse, en même temps que l'animal se refroidit. — M. **P. Morau** a injecté à des souris du suc cancéreux filtré sur porcelaine ; les résultats ont été contradictoires. — MM. **Héricourt** et **Ch. Richet** ont inoculé à deux singes la tuberculose aviaire ; les deux animaux ont résisté. Six mois plus tard, inoculés avec la tuberculose humaine, ils sont devenus malades, mais vivent encore (52 jours), tandis qu'un témoin est mort au bout de 32 jours. — M. **P. Sérieux** donne la relation détaillée d'un cas d'agraphie d'origine sensorielle ; l'autopsie fit constater des lésions portant sur les centres visuels et auditifs, tandis que les centres psycho-moteurs étaient restés intacts.

Séance du 5 décembre.

MM. **Féré** et **Herbert** ont dosé le bromure de potassium dans l'organisme total des cobayes qui en avaient absorbé de fortes doses pendant leur vie. Ils en ont retrouvé des quantités considérables accumulées chez des sujets qui n'avaient présenté aucun symptôme d'intoxication. Chez des femelles pleines, ils ont retrouvé un peu de bromure chez les fœtus. — M. **Laborde** rappelle à ce propos qu'il a noté autrefois que le lapin est réfractaire à l'action toxique des bromures. A propos du passage du bromure de la mère aux fœtus, il rapporte avoir observé que des femelles de cobayes rendues épileptiques par le procédé de M. Brown-Séquard et qui donnaient naissance à des petits épileptiques donnaient naissance à des petits normaux lorsqu'elles avaient été bromurées avant la gestation. Il a pu, dans un cas chez l'homme, empêcher de la même manière la transmission héréditaire de l'épilepsie. — M. **Dupuy** rappelle que l'hérédité de l'épilepsie expérimentale n'est pas la règle chez les cobayes, qu'il faudrait donc des expériences très nombreuses pour démontrer l'influence d'un médicament sur cette transmission. — M. **de Coninck** signale le pouvoir antifermentescible des ptomaïnes en C^8. — MM. **Charrin** et **Gley** ont observé que les lapines qui ont été infectées par le bacille pyocyanique et qui ont survécu, ou bien qui ont reçu en grande quantité les produits solubles de ce bacille, ne peuvent plus reproduire normalement ; elles avortaient ou bien les petits ne grandissent pas et meurent jeunes. — M. **Galippe** a trouvé des parasites dans des fragments de foie et de rein normaux, recueillis dans des conditions rigoureuses d'aseptie. Il conserve quelque temps ces fragments à l'étuve avant que les mettre en contact avec les milieux nutritifs, et se sert pour cela des tubes de culture spéciaux. — A propos de cette communication, M. **Richet** rappelle que dans des expériences faites avec M. **L. Olivier**, il a trouvé fréquemment des microbes dans les muscles des poissons. — M. **Pouchet** rapporte avoir observé souvent des microbes en grande quantité par l'examen microscopique direct des rates de poissons. — M. **Physalix** confirme le fait. — M. **Laborde** rapporte des faits cliniques destinés à établir la grande tolérance des malades pour le bromure de strontium à haute dose ; mais il importe de s'assurer que le strontium est rigoureusement exempt de baryum. Il fait remarquer que la loi de toxicité moléculaire, telle que M. Richet l'a démontrée pour la famille des métaux alcalins, ne semble pas s'appliquer à la famille des métaux alcalino-terreux.

L. LAPICQUE.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 décembre.

M. **A. Berget** indique la méthode qu'il emploie pour mesurer la durée d'oscillation d'un pendule. Il a recours à un enregistrement optique. Le pendule est muni d'un écran percé d'une fente sur laquelle une lentille fait converger de la lumière ; une autre lentille reprend ces rayons et donne une image de la fente sur une bande photographique. Quand le pendule passe dans la verticale, la fente laisse passer la lumière durant un temps très court, et l'on a un trait sur la bande photographique : cette bande se déplace comme une bande de récepteur Morse. On peut inscrire ainsi les oscillations pendant un jour sidéral. Le commencement et la fin du jour sidéral se déterminent par le passage d'un même astre sous la croisée de fil d'une lunette méridienne. Une seconde fente lumineuse, constamment occultée par un écran peut être dégagée en touchant un bouton qui ferme un courant : on presse ce bouton au passage de l'astre dans la lunette, et l'on a ainsi les traits marquant le commencement et la fin de l'expérience sur la même bande que les traits indiquant les oscillations. Une modification de cette mé-

thode permet d'avoir non seulement les durées des oscillations, mais leurs amplitudes, ce qui permettra la correction due à ce que l'amplitude n'est pas infiniment petite, dans le calcul de g. Une lentille faisant partie du système oscillant donne d'un point lumineux fixe une image qui se déplace horizontalement à chaque oscillation, sur une bande qui se déroule verticalement. On a une sinusoïde qui représente le mouvement même du pendule. Pour marquer le commencement et la fin du jour, on occulte le point lumineux lors du passage de l'astre : on a une petite interruption sur la sinusoïde. Enfin, comme il est difficile de se procurer des bandes photographiques sensibles assez longues pour permettre l'enregistrement pour un jour entier, on peut, par un artifice, ramener cette inscription à une inscription électrique. Il ne faut en aucun cas fixer quoi que ce soit à l'appareil oscillant, car la durée de son oscillation serait altérée par le frottement le plus léger. Mais on peut faire tomber un rayon lumineux qui n'est transmis qu'à chaque passage dans la verticale sur l'une des électrodes d'une pile photo-électrique formée de deux lames d'argent iodé en solution chlorhydrique : on a un courant trop faible cependant pour permettre un enregistrement automatique. On se sert du galvanomètre comme relai : une goutte de mercure placée à côté de l'aiguille mobile est touchée par cette aiguille dès qu'elle est déviée, et ce contact ferme le circuit métallique d'un autre courant qui est aussi fort que l'on veut, et sur lequel est inséré un récepteur Morse. Ces diverses méthodes permettent d'avoir la durée d'oscillation d'un pendule sans fatigue et avec une très grande précision. — M. **H. Becquerel** rappelle quelques résultats obtenus par son père dans l'étude de la phosphoroscence ; il a cherché à relier ces résultats par une formule déduite de considérations théoriques. M. Edmond Becquerel étudiait la déperdition d'intensité lumineuse avec le temps, d'une surface phosphorescente, en plongeant à côté de cette surface dans l'obscurité, une surface de papier huilé éclairée par une lampe placée derrière et mobile sur un banc perpendiculaire à cette surface. On déployait la lampe de façon qu'à chaque instant les deux surfaces paraissent également éclairées, et on étudiait les variations de la distance de la lampe avec le temps. L'inverse du carré de cette distance est proportionnel à l'intensité lumineuse de la substance phosphorescente. M. H. Becquerel a songé à expliquer la phosphorescence en admettant que les vibrations lumineuses s'amortissent peu à peu, et en leur appliquant les résultats relatifs au mouvement du pendule dans un milieu résistant. En prenant une force amortissante proportionnelle à la vitesse du mouvement, on a la formule connue qui relie l'intensité au temps par une exponentielle négative. La perte de lumière suivrait dans cette hypothèse la même loi que le refroidissement : mais cette formule ne s'accorde pas du tout avec l'expérience. Si l'on suppose que la force amortissante est proportionnelle au carré de la vitesse, on arrive pour l'intensité à une formule très simple $i = \frac{1}{(a + bt)^2}$ où a et b sont des constantes, ce qui revient à dire que la distance y de la lampe est une fonction linéaire du temps. La comparaison avec les nombres de M. Edmond Becquerel montre que cette relation se vérifie très bien dans le cas où l'on a affaire à des substances simples bien définies. Dans le cas de mélanges de substances phosphorescentes, comme le sulfure de calcium du commerce, on a une loi plus complexe, car l'intensité résultante est la somme de plusieurs termes tels que $\frac{1}{(a + bt)^2}$ et la distance y n'est plus une fonction linéaire du temps. On peut toujours représenter les résultats en admettant que i est une fonction de la forme $\sum \frac{1}{(a + bt)^2}$ dont on détermine les constantes a, b, etc., par les expériences mêmes. — M. **Guillaume** donne à la Société quelques détails sur les décisions de la Commission anglaise du *Board of Trade* relatives aux unités électriques, en renvoyant pour plus de détails à l'article qui a paru dans la *Revue* sur le Congrès de Cardiff. (*Revue* du 30 oct., p. 687.) Bernard BRUNHES.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 2 décembre

M. **Adrian** signale les difficultés que l'on rencontre dans la préparation des sels de strontium purs, qui sont actuellement employés en pharmacie ; il est presque impossible de les débarrasser complètement du baryum, inconvénient grave à cause de la toxicité des sels de ce métal, Parmi les méthodes qui lui ont semblé les meilleures pour la séparation des dernières traces de baryum, celle qui donne les meilleurs résultats consiste à traiter les sels de strontium par le sulfate de strontium dissous. A la suite de cette communication, MM. **A. Gautier**, **Prillat**, **Meunier** et **Lindet** présentent quelques observations sur l'emploi des sels de strontium et sur la séparation de ces sels d'avec ceux de baryum. — M. **Lindet** rappelle que M. Baudry a imaginé un procédé rapide pour le dosage de la fécule dans la pomme de terre; ce procédé repose sur la transformation de la fécule en amidon soluble par l'action de l'acide salicylique à 100° et l'observation au saccharimètre de la solution. M. Lindet a étendu le procédé de M. Baudry à toutes les matières saccharifiables et fermentescibles contenues dans les orges et les malts destinés au travail de la brasserie; il a dû modifier le procédé : la solubilisation de l'amidon se fait à 107-108° dans une solution saturée de sel marin; les liqueurs filtrées ne sont pas examinées au saccharimètre, mais saccharifiées au moyen de l'acide chlorhydrique, et le glucose dosé par la liqueur de Fehling, on calcule en partant de ce dosage la quantité d'amidon. Il résulte d'analyses faites par l'auteur que le développement des radicelles pendant la germination n'emprunte au grain que l'amidon, les matières azotées, les matières grasses et les sels, mais le ligneux reste intact. — M. A. Gautier communique une note de M. **Grawitz** sur la teinture en noir d'aniline, et indique comme nouvelle et donnant des résultats supérieurs à toutes les autres formules la proportion qu'il emploie. — M. **Lauth** discute la valeur des indications de M. Grawitz, et surtout leur nouveauté, et rappelle qu'il a depuis longtemps proposé et appliqué des formules qui permettent de teindre sans les altérer les tissus légers. — M. **Zune** envoie une note dans laquelle il dit que ses recherches sur les corps gras l'ont amené à démontrer que le point de fusion et celui de solidification des graisses sont identiques. Que la détermination des indices de réfraction des solutions saturées de matières grassses dans les divers dissolvants constitue un des meilleurs moyens de rechercher la falsification de beurres. Enfin qu'on peut facilement au moyen du réfractomètre rechercher l'huile de résine dans l'essence de térébenthine.

Séance du 11 décembre.

M. **Gasselin**, en faisant agir le fluorure de bore sur l'alcool méthylique absolu, a obtenu plusieurs composés intéressants qui sont des fluorhydrines boriques : ce sont des composés bouillant à basse température 56-58, 90°; le second est cristallisé et fond à 41°. Ils répondent aux formules

$$Bo \begin{cases} Fl^2 \\ (OCH^3) \end{cases} \qquad Bo \begin{cases} Fl \\ (OCH^3)^2 \end{cases}$$

Il a également obtenu le composé Bo $(OCH^3)^3$. — M. **Auger** a réussi à obtenir l'α-naphtylamine mononitrée, par l'action directe de l'acide nitrique sur l'α-naphtylamine en solution acétique; ce procédé de préparation n'avait pas encore été indiqué, et on se servait de la réduction partielle du dinitronaphta-

lène. Avec la β-naphtylamine dans les mêmes conditions on obtient une naphtylamine dinitrée. — **M. L. Bourgeois** a continué ses recherches sur la sublimation des composés azotés dans le vide, et a réussi à sublimer de l'urée sans l'altérer. — **M. Maquenne** a remarqué que si l'on distille dans un courant d'azote de l'amalgame de baryum, afin de l'enrichir en baryum, il y a fixation par ce métal d'une grande quantité d'azote gazeux, qui est restituée ensuite par l'action des réactifs sous forme d'ammoniaque.

A. Combes.

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE

Séance du 2 décembre

M. Carvallo, revenant sur le théorème fondamental pour la résolution numérique des équations qu'il a fait connaître dans sa thèse, précise les conditions de son emploi et signale diverses applications, importantes au point de vue pratique, qui peuvent en être faites. — **M. Raffy** montre que, parmi les surfaces dont les rayons de courbure principaux sont fonctions l'un de l'autre, les seules qui soient applicables sur une surface de révolution à méridienne générale, sont les hélicoïdes. — **M. F. Lucas** a été amené à penser, au cours de ses études de mécanique électrique, que les lois concrètement homogènes du fonctionnement d'une machine doivent pouvoir se représenter par des formules indépendantes du choix des unités fondamentales de longueur, de masse et de temps. Il cite, à l'appui de cette thèse, deux exemples remarquables relatifs à une dynamo à courants alternatifs avec induit sans fer et flux inducteur sinusoïdal. Si, pour une fréquence déterminée quelconque, on fait varier la résistance extérieure, on obtient divers régimes permanents ; la puissance électrique moyenne totale W est alors liée à l'intensité moyenne I du courant par la formule

$$W = E^2 I^2 - \frac{4\pi^2 L^2}{T^2} I^4 \qquad (1)$$

dans laquelle figurent comme constantes la force électromotrice moyenne E, le coefficient de self-induction L de l'induit et la fréquence $\frac{1}{T}$. Si, pour une valeur déterminée quelconque de la résistance extérieure, on fait varier la fréquence $\frac{1}{T}$, on obtient divers régimes permanents ; l'intensité moyenne I du courant est alors liée à la fréquence par la formule

$$I^2 = \frac{2\pi^2 Q_0^2}{R^2 T^2 + 4\pi^2 L^2} \qquad (2)$$

dans laquelle figurent comme constantes le flux inducteur maximum Q_0, la résistance totale R du circuit et le coefficient de self-induction L.

Remplaçant dans la formule (1) les variables concrètes W et I par les variables abstraites,

$$x = \frac{2\pi L}{ET} I, \qquad y = \frac{2\pi L}{E^2 T} W,$$

on trouve

$$y^2 = x^2 - x^4. \qquad (1\ bis)$$

Remplaçant dans la formule (2) les variables concrètes I et $\frac{1}{T}$ par les variables abstraites,

$$x = \frac{2\pi L}{R} \cdot \frac{1}{T}, \qquad y = \frac{L\sqrt{2}}{Q_0} I,$$

on trouve

$$x^2 y^2 - x^2 + y^2 = 0. \qquad (2\ bis)$$

Les phénomènes sont ainsi représentés, aux échelles près, par des courbes absolument indépendantes des éléments concrets de la machine. M. F. Lucas estime qu'il y a là l'embryon d'une loi de philosophie naturelle qu'il se réserve d'approfondir.

Séance du 16 décembre

M. Hermann expose sa nouvelle méthode cryptographique, méthode de correspondance des lettres ou des clefs indéfinies. La méthode la plus rapide pour chiffrer et déchiffrer consiste à ranger les doubles colonnes des planches 2 et 3 de la brochure de M. Hermann dans l'ordre des lettres de la clef. — **M. Félix Lucas** fait une nouvelle communication relative aux *équations abstraites du fonctionnement des machines*. Considérant l'équation différentielle des courants induits alternatifs, entre l'intensité I du courant et un instant quelconque *t*, il démontre que si l'on admet *à priori* qu'il doit exister une équation finie numérique entre I et *t*, cette hypothèse conduit à l'intégration de l'équation proposée et se trouve entièrement confirmée par le résultat obtenu. — **M. Carvallo** a été amené par la précédente communication de M. Lucas sur ce sujet à l'énoncé de théorème que voici : *Si, dans un type de machine, une fonction dépend seulement de 3 paramètres caractéristiques de la machine, et si on construit les courbes qui représentent cette fonction dans deux machines du même type, la deuxième courbe se déduit de la première par un simple changement dans les échelles des abscisses et des ordonnées.* La démonstration de ce théorème est basée sur l'homogénéité des équations de la physique par rapport aux trois grandeurs fondamentales : longueur, temps et masse. — **M. Fouret** expose, en la simplifiant encore, une démonstration très simple du théorème de Budan-Fourier donnée par M. Niewenglowski dans son *Cours d'algèbre*. Il rappelle comment on en conclut immédiatement le théorème de Descartes et la méthode de Newton pour trouver une limite supérieure des racines d'une équation. — **M. Désiré André** fournit des indications sur des démonstrations également très simples du théorème de Descartes et du théorème de Budan-Fourier, données il y a plusieurs années, par Finck et par M. Ossian-Bonnet.

M. d'Ocagne.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 26 novembre.

1° Sciences mathématiques. — Sir **William Thomson** fait une communication sur l'instabilité du mouvement périodique.

2° Sciences naturelles. — **M. F. G. Sinclair** présente une note sur un nouveau mode de respiration chez les Myriapodes. Les Scutigéridae, d'après l'auteur, respirent au moyen d'une série d'organes placés sur la ligne dorsale médiane, au bord postérieur de chaque anneau, excepté du dernier. Ce type de respiration diffère à quelques égards de celui des autres Myriapodes; mais à d'autres points de vue on peut rapprocher ces organes des trachées de certains Myriapodes. Les organes respiratoires des Scutigères occupent donc une situation intermédiaire entre les trachées des Myriapodes et les poumons des araignées. On peut ainsi constituer une série dont le terme le plus bas est formé par les trachées, les termes moyens par l'organe respiratoire des Scutigères et les poumons des araignées et le terme le plus élevé par les poumons des scorpions. — **MM. Wood-Mason et A. Alcock** présentent une nouvelle note sur la gestation chez les raies indiennes. Ils ont fait des observations : 1° sur la femelle du trygon walga au moment de la parturition et sur les jeunes au moment de la naissance ; 2° sur l'utérus et les filaments nourriciers (trophonémata) du trygon walga à la fin de la gestation, et 3° sur l'utérus et les filaments nourriciers (trophonémata) du trygon walga au commencement de la gestation. Les auteurs ont constaté qu'au début de la gestation, il existe à la surface des trophonémata, une membrane muqueuse composée de

grandes cellules à noyaux non différenciés et de glandes pleines (*solid*) non encore développées ; et que, d'autre part, au terme de la gestation il existe un feuillet épithélial composé de cavités glandulaires à divers stades de dégénération; ces observations fournissent une preuve démonstrative du fait que ces glandes se développent pour les besoins spéciaux de la gestation; elles semblent être des glandes lactées dont la sécrétion est destinée à la nourriture de l'embryon. Le lait arrive au fœtus par de larges orifices. L'estomac fœtal consiste simplement en un canal que traversent les aliments aisément assimilables qui sont alors absorbés par la spirale intestinale. Il est probable que les échanges respiratoires s'effectuent à travers la peau très fine du fœtus lorsqu'elle vient en contact avec les trophonemata vasculaires et la paroi utérine. — MM. **Lauder Brunton** et **Sheridan Delepine** présentent une note sur quelques-unes des variations observées dans le foie du lapin sous l'influence de certaines conditions physiologiques et pathologiques. Ils ont recherché quels sont les changements que l'on peut observer dans les cellules du foie sous l'influence du stimulus naturel de la digestion. Pendant la digestion, le glycogène s'accumule dans les cellules et remplit graduellement toutes les mailles du *mitoma*. Ce processus commence dans la zone hépatique presque immédiatement après le commencement d'un repas, atteint son maximum de la troisième à la huitième heure, puis décroît graduellement jusqu'à la douzième heure; quelques grains seulement restent alors dans la zone hépatique, qui est ainsi que la première et la dernière infiltrée de glycogène. Les auteurs ont aussi observé l'accumulation d'un pigment ferrugineux dans les cellules du foie. Ce pigment apparaît nettement cinq heures après un repas; son abondance augmente graduellement, et, d'après les réactions micro-chimiques, elle atteint son maximum à la douzième heure, pour diminuer ensuite rapidement. Le premier effet produit par un repas est déterminé par une diminution de ce pigment ferrugineux dans les cellules hépatiques. Les signes de l'activité des cellules du foie apparaissent dans l'ordre suivant : 1° il se produit d'abord des altérations dans la dimension des mailles du mitoma et dans sa distribution; elles apparaissent très vite et persistent jusqu'à la huitième heure au moins après le repas; 2° il s'accumule dans les cellules certains produits qui ont été séparés des aliments et absorbés, mais qui n'ont pas encore été assimilés (glycogène); ce phénomène apparaît très peu de temps après le repas et atteint son maximum entre la troisième et la huitième heure; 3° il s'accumule dans les cellules certains produits qu'elles ont séparés des aliments en raison de leur activité fonctionnelle spéciale et dont elles ne se sont point encore débarrassées (pigment ferrugineux). Ce phénomène atteint son maximum à la douzième heure. — MM. **W. M. Bayliss** et **E. H. Starbling** présentent une note sur les phénomènes électromoteurs du cœur des mammifères. La méthode adoptée dans ces recherches, consistait à mettre en rapport au moyen d'électrodes non polarisables deux points de la surface du cœur avec un électromètre capillaire. Une image du ménisque était recueillie sur une plaque photographique en mouvement; on enregistrait également des contractions du ventricule, un tracé chronographique et le moment de l'excitation lorsqu'on se servait d'excitants artificiels. Les auteurs ont constaté que chez les animaux dont le cœur est dans une condition aussi normale que possible la variation électrique présente toujours deux phases : la variation négative de la base précède celle de la pointe; les plus légers changements de température des diverses parties du cœur agissent cependant profondément sur le caractère et la direction de cette variation.

Séance du 10 décembre.

1° Sciences mathématiques. - M. **A. A. Common** : Sur la nécessité de se servir de verre bien recuit et homogène pour les miroirs de télescope. L'auteur s'était procuré en 1880 à la manufacture de Saint-Gobain un disque en verre de cinq pieds de diamètre et de cinq pouces d'épaisseur pour faire un miroir, destiné à un télescope de cinq pieds. Ce morceau de verre fut déposé contre un mur, et il resta appuyé contre cette paroi jusqu'en 1886. Il fut alors poli à la manière habituelle; mais lorsqu'on l'essaya, on constata qu'il donnait une image elliptique d'un trou circulaire ; ni polissage local, ni repassage à la meule ne purent venir à bout de faire disparaître ce défaut; aussi laissa-t-on ce disque de côté et s'en procura-t-on un autre pour le remplacer. On découvrit en polissant ce nouveau disque les causes du défaut qui existait dans le premier. Le polissage produit une certaine quantité de chaleur; on s'aperçut en essayant le second disque immédiatement après un polissage, qui avait duré trois heures, que sa distance focale s'était accrue de quatre pouces, mais trois heures après la distance focale avait repris sa valeur normale. M. Common croit que les défauts du premier miroir sont dus à ce qu'il n'était pas fait de verre bien recuit; après s'être échauffé par le polissage, il n'a pas pu se contracter régulièrement et a perdu ainsi sa forme géométriquement parfaite. — M. **W. Brennand** : Sur le Surya Siddhanta (astronomie indoue). Il résulte des recherches faites par l'auteur que les Indous connaissaient la précession des équinoxes et ses effets, ainsi que la théorie du mouvement lunaire et planétaire. Ils avaient déterminé très exactement le diamètre de la terre et la distance de la lune, ils savaient calculer les orbites des planètes à l'aide du mouvement accompli chaque jour par la lune dans son orbite, ils savaient aussi calculer et prédire les éclipses de lune et de soleil, et avaient une sérieuse connaissance de la plupart des problèmes fondamentaux de l'astronomie.

2° Sciences physiques. — M. **H. L. Callendar** : Sur un thermomètre à air compensateur. L'instrument est du type à pression constante, et est construit de telle sorte que les changements de température des tubes qui s'unissent au bulbe du thermomètre n'ont aucune action sur les lectures, ce qui permet de n'en pas tenir compte dans les calculs. Pour arriver à ce résultat, il faut employer deux jeux de tubes de connexion d'égal volume et ayant la même température, disposés de telle sorte que leurs actions soient différentielles et se compensent. La masse d'air enfermée dans le bulbe du thermomètre et dans un autre bulbe contenant du mercure, où l'air peut se dilater, est maintenue égale à la masse fluide contenue dans un bulbe rempli d'air, de densité convenable qui exerce une pression constante lorsqu'il est maintenu à une température fixe, celle, par exemple, de la glace fondante. Ce bulbe communique avec un jeu de tubes de connexion égaux en volume à ceux du bulbe thermométrique lui-même et semblablement situés. L'instrument étant ainsi compensé, on gradue en degrés un des tubes du bulbe à pression constante ; on peut lire sur cette graduation la température du bulbe thermométrique, et les indications sont aussi aisées à lire que celles d'un thermomètre à mercure. — MM. **W. Ramsay et Sydney Young** font une communication sur quelques-unes des propriétés de l'eau et de la vapeur. Dans ce mémoire, les auteurs donnent des tables des volumes orthobariques de l'eau liquide entre 100 et 270°, de la compressibilité de l'eau à différentes températures, des pressions de vapeur d'eau jusqu'à 270° et de la densité de la vapeur d'eau sous diverses conditions de température et de pression. Regnault n'avait pas mesuré la pression de la vapeur pour les températures supérieures à 220°. Les nouvelles recherches confirment d'une remarquable façon les mesures de Regnault et donnent pour les températures plus élevées des résultats concordants. Les densités de la vapeur saturée mesurée directement sont presque identiques à celles que Regnault a calculées au moyen des chaleurs de vaporisation ; mais au voisinage du point de condensation de la vapeur, spécialement aux basses températures, la pression est trop

basse à cause de l'adhérence de la vapeur d'eau au verre qui détermine la condensation à des pressions inférieures aux pressions de vapeur. Les mesures prises au voisinage du point de condensation sont donc nécessairement incertaines; mais les nombres calculés à l'aide des résultats de Regnault pour des volumes de vapeur saturée concordent avec une exactitude suffisante avec les nombres obtenus par la mensuration directe à des volumes un peu plus grands que ceux de la vapeur saturée. — M. **G. J. Walker** fait une communication sur la répulsion et la rotation produites par les courants électriques d'induction. Le Pr Elihu Thomson a démontré expérimentalement que deux circuits circulaires dont les plans sont perpendiculaires aux lignes qui joignent leur centre se repoussent l'un l'autre quand un courant induit traverse l'un d'eux, et que si leurs centres coïncident et que leurs plans forment un angle aigu, ils constituent alors un couple tendant à accroître la grandeur de cet angle. On s'est servi de ces résultats pour mesurer les courants d'induction, et l'auteur a calculé des formules pour déterminer les intensités respectives de la force et du couple. Une autre expérience consiste à placer une feuille de cuivre de manière à couvrir à demi le pôle d'un électro-aimant; on met alors par-dessus le tout et près du pôle une sphère creuse de cuivre; l'action électromagnétique produit un couple assez puissant pour vaincre la résistance due au frottement et faire tourner la sphère. Les recherches de M. Walker montrent que si la sphère tourne c'est que les phases des courants induits dans la plaque de cuivre ne coïncident pas avec celles des courants de l'aimant, et non parce que cette plaque de cuivre agit à la manière d'un écran et rend le champ asymétrique.

Richard A. Gregory.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 4 décembre

M. **W. Hibbert.** « Un champ magnétique permanent ». L'auteur a observé la constance approximative d'un barreau aimanté depuis longtemps, et il a obtenu une constance beaucoup plus rigoureuse en adjoignant au barreau des pièces polaires, de manière à constituer un circuit magnétique à peu près fermé, de faible résistance magnétique. Le modèle qu'il décrit est formé d'un barreau d'acier de 1 pouce de diamètre et 2 pouces $^1/_2$ de long avec un disque de fonte de 4 pouces de diamètre et $\frac{5}{8}$ d'épaisseur, fixé à un bout. L'autre bout est introduit dans une calotte hémisphérique en fer qui surmonte le barreau et vient s'épanouir à l'entour de la surface supérieure du disque. Un espace annulaire, large de moins de $\frac{1}{16}$ de pouce, est laissé à l'air entre la surface cylindrique du disque et l'intérieur de la calotte hémisphérique, et quand le barreau est aimanté, il existe un champ magnétique intense dans cet espace. Pour l'utiliser à la production d'impulsions électromagnétiques, une bobine de fil est enroulée dans une étroite rainure, sur un tube de laiton qui peut glisser à travers l'espace annulaire, et couper ainsi toutes les lignes de force. Le tube est disposé de manière à tomber par son propre poids, une détente soigneusement réglée permettant de le déclancher au moment voulu. Il y a 90 tours de fil sur la bobine, et le flux magnétique total à travers l'espace d'air est d'environ 30.000 unités C. G. S. On obtient alors une impulsion électromagnétique intense, même avec des résistances de 10.000 ohms. La vérification des trois instruments a montré *qu'on n'a pas eu pratiquement, de variation du champ magnétique durant sept mois*. L'auteur considère ce résultat comme satisfaisant et se propose de faire de son appareil un *étalon de champ magnétique*. Pour faciliter les calculs, il s'arrangera de manière à faire des étalons d'un nombre plus commode, de 20.000 ou 25.000 unités, par exemple. La note mentionne les divers usages de cet instrument, et indique un moyen simple de détermination de la perméabilité par la méthode du magnétomètre. M. **Blakesley** prétend que le nom d'étalon magnétique est impropre, qu'on a en réalité une force électromotrice d'impulsion constante. M. **Sumpner** dit que la constance de la sensibilité du galvanomètre d'Arsonval donne la mesure de la constance des aimants faisant partie de circuits magnétiques à peu près fermés. De tels instruments, en usage à l'Institution centrale, restent sans changement depuis des années. M. **S.-P. Thompson** trouve très intéressant l'appareil de M. Hibbert et estime qu'il pourra rendre de grands services dans les laboratoires. Des piles-étalons ne méritent pas toujours confiance, et les condensateurs sont les étalons de mesures électriques les plus défectueux. Au point de vue de la constance du magnétisme d'un barreau, M. Thompson rappelle les résultats de Stronhal et Barus, et de Hookham. M. **Watson** demande quelle est la perte pour 100 d'intensité de l'aimantation dans les aimants Hibbert. Les barreaux employés dans les observations magnétiques ont été fréquemment étalonnés; ils perdent environ 5 $^0/_0$ en 6 mois. M. **Ayrton** demande quel est le coefficient de température de l'appareil de M. Hibbert. Il pense que cet appareil rendra de très grands services si le magnétisme est réellement permanent. M. **Hibbert** répond que le coefficient de température de ses aimants est grossièrement de 0,03 $^0/_0$, mais il n'a pas encore fait sur ce point des mesures assez précises. — M. **Ayrton**, président, communique « une note sur les champs tournants (*rotatory currents*) ». On peut obtenir des courants alternatifs avec une dynamo à courants continus ordinaires, en établissant le contact avec deux points de l'armature, en joignant ces points à deux anneaux isolés sur l'axe de la machine, et recueillant le courant par deux balais. Un moteur à courant continu, ainsi traité, transforme les courants directs en courants alternatifs ou en puissance mécanique. Si l'on choisit deux couples de points sur l'armature, situés aux extrémités opposées de deux diamètres rectangulaires, on a deux courants alternatifs ayant une différence de phase de 90°, et en choisissant des points convenables sur l'armature, on a deux, trois courants ou plus, ayant une différence de phase d'un angle voulu. Dans les moteurs ordinaires, de pareilles connexions seraient compliquées, mais le système Ayrton et Perry, à armature fixe, se prête facilement à cet objet, car on en peut établir le contact avec un point quelconque de l'armature, avec la plus grande facilité. On présente un moteur de ce genre, où les contacts sont établis avec quatre points équidistants sur l'armature. En réunissant les deux points opposés par des fils de platine fins et faisant tourner lentement le moteur, on voit les fils rougir alternativement, l'un d'entre eux étant lumineux quand l'autre est obscur, et *vice versa*, ce qui prouve l'existence de deux courants dans le système. Quand les quatre points sont joints aux quatre coins d'un carré de fil de platine, les fils deviennent incandescents l'un après l'autre, la lumière parcourt le tour du carré et donne ainsi l'idée du champ tournant. Un moteur à courants alternatifs Tesla a été ainsi animé par deux courants ayant une différence de phase de 90° obtenus avec l'armature du moteur à courants continus Ayrton et Perry mentionné. L'auteur donne le calcul de la différence de phase entre les deux courants alternatifs qui proviennent de deux paires de contacts établis aux extrémités de deux diamètres qui font entre eux l'angle α. — M. **Perry** : Sur les étais et les tirants qui supportent une charge latérale. Il remarque que, dans le cas des étais, un léger défaut de rectitude peut réduire considérablement la charge qui produit la rupture. Même si un étai se trouvait bien droit au début, son poids produit d'ordinaire une charge latérale qui a pour conséquence une tension. Les expériences poursuivies depuis quelques années par l'auteur sur des exemples pratiques lui ont donné des résultats qui sont renfermés dans le mémoire déposé.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 19 novembre.

MM. **Ludwig Mond** et **R. Langer** : Fer carbonyle. Les auteurs ont isolé deux composés du fer avec l'oxyde de carbone, représentés par les formules $Fe(CO)^5$ et $Fe^2(CO)^7$ pour lesquels ils proposent ces noms de ferropentacarbonyle et diferroheptacarbonyle. Le ferropentacarbonyle est obtenu en maintenant du fer finement divisé dans une atmosphère d'oxyde de carbone à la température ordinaire pendant vingt-quatre heures, et chauffant ensuite à environ 120°. On obtient ainsi une petite quantité d'un liquide ambré (environ 1 °/₀ du poids de fer employé) de densité 1,4666 qui se solidifie à — 21° en cristaux jaunes, aciculaires. Le composé distille sans décomposition à 102°,8; la vapeur a une densité de 6,5, la valeur qui correspond à la formule $Fe(CO)^5$ étant 6,7. Les acides étendus sont sans action sur ce corps; mais il est détruit par l'acide azotique, le chlore et le brome. Les solutions alcooliques d'alcalis le dissolvent rapidement et donnent une solution rouge, qui s'altère au contact de l'air et dont on n'a pu retirer de composés définis. — Le diferroheptacarbonyle se forme quand on expose à la lumière le ferropentacarbonyle Il se sépare en cristaux de couleur jaune d'or, avec mise en liberté d'oxyde de carbone. Les cristaux sont presque insolubles dans tous les dissolvants connus; ils ne sont pas volatils, mais se décomposent à 80° en fer, ferropentacarbonyle — et oxyde de carbone. Les cristaux ne sont pas attaqués par les acides étendus, mais l'acide azotique, le chlore et le brome les détruisent rapidement. La potasse alcoolique les dissout, en formant une solution rouge analogue à celle que donne le ferropentacarbonyle. — **Capitaine Abney** : Photométrie des couleurs. L'auteur s'est proposé de chercher un moyen qui permette de représenter une couleur par un nombre. Il montre que l'on peut facilement obtenir ce résultat, qui rendrait de grands services aux chimistes, et annonce qu'il présentera prochainement un appareil basé sur les idées qu'il développe.

SOCIÉTÉ PHILOSOPHIQUE DE MANCHESTER

Séance du 21 octobre.

1° Sciences mathématiques : — M. **T. P. Kirkman** : Sur les groupements des fonctions de six lettres.

2° Sciences physiques : — MM. **H. B. Dixon** et **Harker** présentent un mémoire sur la décomposition par explosion des corps gazeux endothermiques. D'après la théorie de M. Berthelot, la force initiale de l'explosion est augmentée par la chaleur dégagée dans la décomposition des gaz. L'explosion devrait donc dans une colonne du gaz se propager jusqu'au bout. Des expériences faites dans des tubes en verre sur l'acétylène ont montré cependant que ceci n'a pas lieu et que l'explosion s'éteint avant d'atteindre l'extrémité des tubes. — MM. **Dixon** et **B. Lean** lisent un second mémoire sur la propagation des explosions à travers des colonnes d'air. Cette question a été suscitée à propos des explosions dans les mines de houille. Les auteurs ont pris deux tubes de 20 millimètres de diamètre, contenant chacun un mélange explosif. Entre ces deux tubes, ils en ont interposé d'autres de longueurs et de diamètres différents, et ils ont trouvé qu'une explosion produite dans le premier tube ne se propage pas jusqu'au second lorsque la *masse* d'air qui est interposée atteint une certaine valeur minima. La section et la longueur du tube sont sans influence appréciable, pourvu que leur produit, c'est-à-dire le volume, atteigne la valeur nécessaire. Les expériences contredisent l'hypothèse d'après laquelle les explosions se propageraient depuis une masse isolée de grisou à une autre, à travers quelques vingtaines de mètres de galeries ne contenant ni grisou ni poussière.

Séance du 17 novembre.

Sciences naturelles. — M. **J.-C. Ross** lit un mémoire sur les cavernes du calcaire du New-South-Wales (Australie). Ces cavernes présentent de grandes analogies avec celles du Derby Shire. Elles contiennent des ossements de certains marsupiaux disparus, et il est probable qu'elles ont été habitées par l'homme. Dans quelques-unes d'entre elles on a trouvé une espèce d'araignée aveugle. — M. **W. Brockbank** a trouvé deux nouvelles couches contenant des végétaux fossiles dans le grès de Saint-Bees, à Hilton (Westmoseland). Les caractères de ces plantes démontrent que le grès est d'origine permienne.

Séance du 1er décembre.

Sciences naturelles. — M. **W.-E. Hoyle** montre un spécimen du ver géant de l'Australie, *Megascolides Australis*, envoyé par M. Baldwin Spencer, de Melbourne. La longueur maxima de ces vers est d'environ 180 centimètres, la longueur moyenne 120 centimètres. On connaît aujourd'hui trois vers de dimensions remarquables que l'on rencontre dans l'Afrique du Sud, dans les Indes et à Ceylan, et dans la partie australe de l'Australie. L'auteur pense que ce sont les survivants d'une race autrefois très répandue.

P.-J. Hartog.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 12 novembre.

1° Sciences physiques. — M. **G. Jäger** : « Sur la théorie de la dissociation des gaz. — M. **Lieben** : Sur la dissociation dans les solutions de tartrates étendues. — M. **Dolinar**, ingénieur en chef du chemin de fer du Sud à Graz, envoie une note pour établir sa priorité, au sujet d'une découverte qu'il a faite dans la métallurgie du fer.

2° Sciences naturelles. — M. **Custos Franz Heger**, directeur de la section anthropologique-ethnographique au Muséum d'histoire naturelle de Vienne, communique les résultats du troisième voyage qu'il a entrepris sous le patronage de l'Académie, en vue de recherches archéologiques et ethnographiques, dans le Caucase. Ce voyage a eu pour but de poursuivre les recherches commencées l'année précédente par la Commission archéologique de Saint-Pétersbourg et d'en tirer des conclusions. On aurait poursuivi l'exploration du petit village ossète de Tli-si, sur la pente sud du Caucase, sans les dangers que présente un voyage dans cette région. En chemin on a découvert néanmoins dans la vallée de la Liachwa, à Chwze, une localité aux environs de laquelle existe, à côté de vestiges d'une colonisation remontant à une époque très reculée, un tombeau de date relativement plus récente (datant du commencement de notre ère). Sur le versant nord du Caucase, on a trouvé deux lieux de fouilles intéressants; l'un, sur le bord du fleuve Uruch, s'appelle « Ai gumuk »; il s'y trouve un tombeau cinéraire, résultat important puisque jusqu'ici dans cette partie du Caucase on n'en avait pas trouvé. La seconde localité, située très haut sur le penchant de la montagne s'appelle, « Chui-masdon »; on y a découvert deux ossuaires récents. Sur le versant opposé de la vallée, deux fouilles ont fourni des trouvailles très importantes; malheureusement elles sont aujourd'hui presque entièrement détruites. L'un de ces champs funéraires, appelés « Rutcha tich », présente des vestiges de l'existence de tombeaux cinéraires tandis que le second, « Chor-gon », ne présente que des tombeaux contenant des squelettes. Ces derniers doivent remonter à la même période que ceux qui ont été trouvés dans l'ancienne fouille de Koban. On a réussi, par l'étude précise d'un tombeau découvert là, à constater qu'il y a aussi des tombeaux de date beaucoup plus récente (commencement de notre ère), ce qui n'avait encore été suffisamment tiré au clair par les fouilles précédentes. On a entrepris deux expéditions vers le célèbre champ funéraire de Koban et on y a fait des fouilles. Elles ont confirmé l'hypothèse

émise à la suite des premières fouilles qu'on y avait faites, qu'il s'y trouve des tombeaux d'époques très diverses. En même temps on a fait des études ethnographiques sur la population des Ossètes, qui habite cette région. On a en particulier recueilli des données relatives à la religion de la montagne, où se retrouvent bien des souvenirs de l'époque païenne de ce peuple. Le rapporteur compte réunir et publier les études relatives à ses cinq voyages dans un grand ouvrage intitulé : « Contribution à l'archéologie et à l'ethnographie de l'empire russe ». EMIL WEYR,
membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE SAINT-PÉTERSBOURG

Séance du 4 novembre.

SCIENCES NATURELLES. — MM. Strauch et Schrenck présentent la note de M. **Semenoff** intitulée : Revisio Hymenopterorum Musei zoologici Academiæ C. scientiarum Petropolitanae. II, Genus Abia (Leach). C'est une discussion de dix espèces de ce genre conservées au Musée de l'Académie, avec l'indication de leur habitat. Une de ces espèces est décrite comme nouvelle. Un appendice à l'ouvrage contient un tableau dichotomique de tous les représentants connus du genre *Abia* de la faune paléarctique. O. BACKLUND,
membre de l'Académie.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séance du 15 novembre.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **Castelnuovo** : Observations sur les séries irrationelles de groupes de points appartenant à une courbe algébrique. Dans cette Note M. Castelnuovo démontre que le théorème bien connu de Riemann-Roch dérive d'une formule donnée déjà par M. Segre ; il applique cette formule à un cas plus général, et il arrive à étendre le théorème de Riemann-Roch aux séries irrationnelles. L'auteur s'occupe en outre de la relation qui existe entre les points doubles d'une série irrationnelle.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — Les recherches de F. Weber ont montré que la chaleur spécifique du diamant présente de fortes variations avec la température, de manière qu'entre — 50° et + 250° elle double de valeur. M. **Sella** a voulu examiner si d'autres propriétés physiques présentent des variations analogues par l'effet de la température, et il a étudié entre autres les variations de l'indice de réfraction du diamant entre la température ordinaire et celle voisine de 100°. Les observations ont été exécutées sur un beau cristal octaédrique, en faisant subir au rayon lumineux avant sa sortie du cristal, plusieurs réflexions internes. M. Sella décrit la méthode qu'il a suivie, établit des formules, et arrive à cette conclusion que l'indice de réfraction du diamant, dans les limites des expériences, croît avec la température et présente une variation du même ordre que celles observées dans d'autres cristaux monométriques. M. Sella fait remarquer en outre que la méthode générale, dont il donne la description, peut servir pour la détermination de l'indice de réfraction des substances cristallines trop dures ou trop molles pour qu'il soit possible d'en tirer des prismes à faces parfaitement planes. — MM. **Nasini** et **Villavecchia** ont étudié le pouvoir rotatoire spécifique du saccharose en solution diluée, en se servant des appareils les plus perfectionnés. Le professeur Pribram avait déjà trouvé que le saccharose en solution diluée se comporte d'une manière différente qu'en solution concentrée; et il croyait que, jusqu'à une certaine dilution, le pouvoir rotatoire spécifique du saccharose augmentait avec le degré de la dilution, et qu'ensuite il allait en diminuant. MM. Nasini et Villavecchia arrivent à des conclusions opposées ; leurs expériences tendent à prouver que le pouvoir rotatoire du saccharose augmente de plus en plus avec le degré de dilution, et qu'il croît plus rapidement dans le cas d'une très grande dilution. L'équation suivante (où p représente le 0/0 de saccharose) correspond au phénomène des solutions diluées :

$$[\alpha]_D = +69.692 - 4.86958p + 11.86145p^2.$$

— M. **Costa** établit une comparaison entre les pouvoirs de réfraction et de dispersion de l'éthylcarbylamine et du cyanure d'éthyle, afin d'éclaircir la question de savoir si dans les isonitriles il existe le groupement $-N=C$ ou bien $-N\equiv C$. L'auteur, s'appuyant sur les résultats de ses expériences, c'est-à-dire sur l'excès des pouvoirs de réfraction et de dispersion des carbylamines sur les correspondants des nitriles, arrive à des conclusions favorables à l'hypothèse, généralement admise, de l'azote pentavalent.

3° SCIENCES NATURELLES. — M **Pirotta** présente le résumé de son travail sur la découverte d'un système de réservoirs à mucilage dans la *Curculigo recurvata* (Herb.) Ces réservoirs manquent dans la racine; on les trouve dans la gaîne des feuilles vertes, dans les écailles du rhizome et dans les bractées de la région florale. Ce sont des canaux réguliers, à l'état jeune, d'origine schizogénique; plus tard elles forment des poches de forme et dimensions différentes remplies d'une substance, qui par ses caractères, ne semble à l'auteur ni de la gomme vraie, ni du mucilage de Behrens. M. Pirotta décrit brièvement l'apparition et la distribution de ces réservoirs dans les différents organes de la plante; il annonce qu'il a trouvé des réservoirs semblables dans le genre *Hypoxis* L., qui avec *Curculigo* doit constituer une petite famille bien caractérisée des Monocotylédones Liliiflores. — M. **Penzo** a étudié l'influence de la température sur la régénération cellulaire dans le cas particulier de la guérison des blessures. L'auteur s'est servi d'un appareil disposé de manière à maintenir immobile un lapin, dans d'excellentes conditions de santé, pendant plusieurs jours (20 à 30 jours). Aux oreilles et aux pattes de l'animal étaient fixés des étuis métalliques permettant, au moyen d'un bain d'eau, de porter ces régions à une température donnée. En examinant au miscroscope des fragments de peau qu'on enlevait aux membres soumis à des températures différentes, on reconnut que la régénération de l'épithelium se montrait plus active dans le côté froid. On rechercha alors s'il était possible de rétablir cette activité dans des tissus où elle n'existait plus; mais des recherches exécutées sur le tissu conjonctif et cartilagineux de l'oreille de vieux lapins, donnèrent des résultats négatifs. M. Penzo étudia alors l'influence de la température sur la multiplication cellulaire et sur l'accroissement des tissus en voie de développement; et il reconnut qu'en maintenant une oreille d'un jeune lapin à la température de + 12° et l'autre à + 37°, après huit ou dix jours, cette dernière surpassait l'autre en longueur, de plus d'un centimètre. Si on laisse en liberté un de ces lapins à oreilles dépareillées, on voit que le développement de l'oreille plus longue s'arrête, et que l'autre arrive bientôt aux dimensions de la première. En pratiquant des blessures identiques sur les deux oreilles des lapins, on remarqua que la guérison était plus rapide dans le côté plus chaud ; on obtenait le même résultat en produisant des fractures dans les métacarpes des lapins. Ces expériences démontrent que des températures voisines de celle du corps favorisent le processus physiologique de régénération cellulaire, et celui qui se produit dans la guérison des blessures. Cette observation a une importance pratique, parce qu'elle prouve que l'application d'une chaleur supportable peut donner de bons résultats dans le traitement des blessures, ainsi que cela a été confirmé dans plusieurs cas, dont la description a été donnée par M. Intosh dans le *Medical Journal* de New-York. — M. **Mingazzini** donne la description de deux espèces de Grégarines, parasites des Holothuries, appartenant à un nouveau genre appelé *Cystobia*. Ce genre devrait être placé dans la famille des Grégarines dite des *Syncystidées*, créée par Aimé Schnei-

der, laquelle ne comprend qu'un seul genre avec une espèce unique, la *Syncystis mirabilis*. M. Mingazzini s'occupe des divers états évolutifs de la *Cystobia holoturiæ*, déjà étudiée par A. Schneider; il décrit la sporulation de cette espèce, qu'il a cultivée dans l'eau de mer, et il montre combien l'étude du développement est rendue difficile à cause de la confusion possible des divers états évolutifs de la Grégarine avec les éléments du sang des Echinodermes. M. Mingazzini décrit une nouvelle espèce qui se trouve dans *Holoturia poli* et *H. impatiens*. Il remarque encore que l'on peut considérer les deux individus de cette espèce, et ceux de la *Syncystis*, comme produits par la division d'un seul individu: ce qui ferait considérer la famille des *Syncystidées* comme un groupe moyen entre les Grégarines *monocsystidées* et les Grégarines *polycystidées*. Ernesto MANCINI.

NOUVELLES

LES EXPÉRIENCES DE M. A. ÉTARD SUR LA SOLUBILITÉ DES SELS

Pendant un grand nombre d'années, les phénomènes de dissolution n'étaient pas considérés comme dignes d'attention; on n'en parlait guère avec estime que dans les précis. L'opinion a évolué sur ce point. Au lieu de tenir le sujet pour trop élémentaire, on le voit lié à nombre de questions d'ordre supérieur. Les lecteurs de la *Revue* ont pu se rendre compte, par l'article de notre distingué collaborateur M. G. Charpy [1], de l'état actuel des idées en ces matières. A l'occasion de deux notes récentes de M. Etard [2], qui ont attiré l'attention des spécialistes, nous croyons utile d'indiquer en quelques lignes les principaux résultats obtenus par ce savant.

Lorsqu'on représente graphiquement la quantité de sel que 100 parties d'eau dissolvent, on obtient les *courbes* de solubilité bien connues. M. Etard, dès le début de ses recherches, a remarqué que ces courbes ne donnent pas des résultats assez simples, se prêtant à des comparaisons ou à quelque généralisation. Il a proposé de représenter graphiquement la quantité de sel contenue dans 100 parties de la dissolution saturée. Ecartant la valeur arbitraire « 100 parties d'eau », il exprime directement l'équilibre qui, dans l'acte de la solution, s'établit de lui-même entre le sel et l'eau. Par ce changement de variables les faits apparaissent simplifiés d'une manière frappante : les *courbes* deviennent des *droites* de solubilité. Pour un grand nombre de sels, l'auteur a déterminé ces droites dans des intervalles de température inconnus jusqu'à ce jour. Certaines mesures sont comprises entre — 20° et + 320°, soit 340° d'intervalle. Pour de nombreux sels stables, il établit que la limite de la solubilité est le point de fusion ignée : la droite qui se rend ainsi au point de fusion, ou *droite-limite*, peut être considérée comme le lieu géométrique des points de fusion des mélanges de sel et d'eau. Ces points décroissent à partir de la fusion du sel pur, pris comme origine, parce que l'eau, très fusible, devient prépondérante dans le mélange. Il paraît peu probable que dans le parcours de cette dernière droite il y ait une dissociation en ions, puisque la limite du phénomène continu est ici la molécule même : le sel pur.

M. Etard a construit, pour divers sels, ce qu'il appelle une *ligne de solubilité complète*, comprise entre le point de congélation de la solution et le point de fusion du sel anhydre. Cette ligne est le plus souvent brisée, composée de deux ou trois segments raccordés à angle vif. Quelquefois cependant entre deux droites se produit un raccord courbe, plus ou moins prolongé. L'auteur avait admis, dès le début de ses recherches, qu'il s'agissait là d'une perturbation secondaire, due à la formation ou à la destruction d'hydrates : il a nettement démontré dans ses deux dernières communications que, dans les solutions aqueuses d'un sel pur, on peut *voir* à la fois se déposer les cristaux de deux hydrates aux températures pour lesquelles la représentation graphique indique une courbure. En dissolvant donc un hydrate particulier, bien cristallisé et bien défini, on ne peut penser avoir une solution *simple* de cet hydrate dans l'eau. *On ne connaît pas la dissolution élémentaire*. En dehors d'une dilution en quelque sorte infinie d'où le sel lui-même semble dissocié en ses éléments électrolytiques, on n'observe que des dissolutions dans des solutions. Nous ne connaissons souvent sous le nom de ligne de solubilité d'*un* sel que la solubilité d'une somme d'hydrates.

Pour les solutions très étendues, M. Arrhénius a émis une hypothèse hardie, sur laquelle la discussion est ouverte. Les sels les plus stables se trouvent dans le liquide à l'état dissocié. Ce ne sont plus des sels, mais des atomes ou même des groupements sans existence connue, tirés des formules écrites, tels que SO^4, ClO^3, AzO^3. Ces fragments moléculaires atomiques ou fictifs auraient un potentiel électrique élevé qui maintiendrait un équilibre que nous ne connaissons pas dans la chimie expérimentale, car, selon l'hypothèse, des atomes de Cl et de K flottant au sein de l'eau n'ont aucune action réciproque. Pour les solutions saturées M. Berthelot et M. Naumann ont depuis longtemps émis l'idée qu'il était possible de les assimiler à des mélanges dissociés. Les travaux publiés par M. Etard se trouvent d'accord avec cette hypothèse générale de dissociation. Mais, dans l'esprit de l'auteur, il s'agit d'une dissociation qui n'est pas celle des *ions*. Pour lui une solution saturée à t° se compose de deux éléments : un liquide contenant un ou plusieurs hydrates et un sel ne se dissolvant plus dans le milieu en question : il y a équilibre. A t° + 1°, le liquide saturé contenant une quantité d'eau finie éprouve une dissociation correspondant à l'accroissement de température : de l'eau est mise en liberté.

Si une certaine affinité subsiste encore, cette eau peut être employée de nouveau à dissoudre du sel, et la solubilité est croissante. Dans le cas contraire, l'eau ne trouve plus d'emploi, et par des accroissements successifs de température, elle s'accumule au-dessus du sel dont la solubilité est alors décroissante. Dans diverses expériences vers 150°, on a de l'eau pure en présence de sels qui à froid sont très solubles. De même que les sels s'effleurissent dans l'air, ils peuvent à une température convenable s'effleurir ou se dissocier dans l'eau. Ce mécanisme de dissociation continue est proportionnel à la température, puisqu'en dehors des perturbations accessoires on a une droite de solubilité.

L'ensemble de travaux que nous venons de résumer jette une grande clarté sur l'une des questions les plus obscures et les plus discutées de la chimie actuelle, en rapprochant d'une façon plus complète les faits de dissolution du processus de dissociation, dont ils emprunteront sans doute un jour toutes les lois.

Louis OLIVIER.

[1] G. CHARPY : Les théories régnantes sur la constitution des solutions salines, dans la *Revue* du 15 oct. 1891, t. II, p. 642.

[2] A. ETARD, De la coloration des solutions de cobalt et de l'état des sels dans les solutions. Comptes rendus, t. 113, p. 699 (16 nov.), et Etat des sels dans les solutions : sulfate de sodium et chlorure de strontium. Comptes-rendus, 14 décembre 1891, t. CXIII, page 854.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.